



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

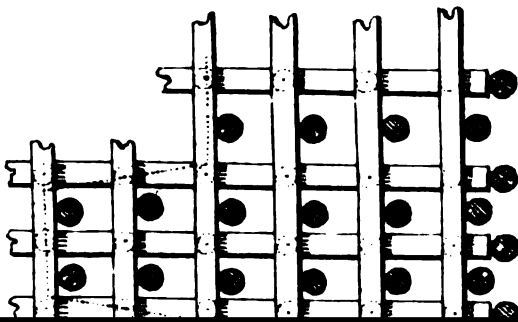
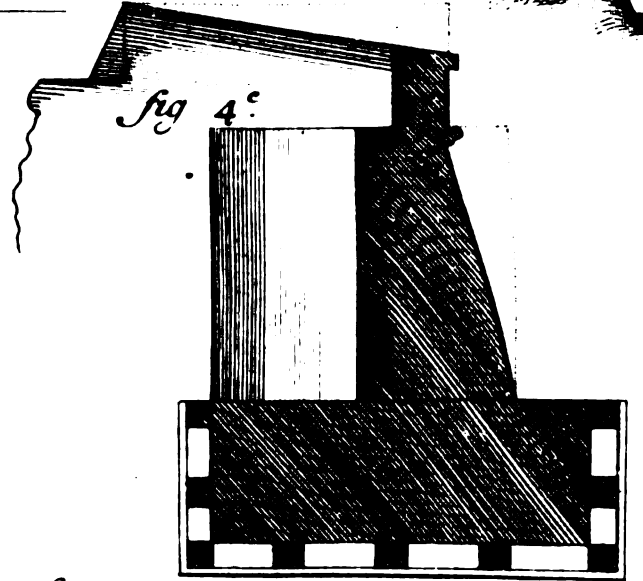
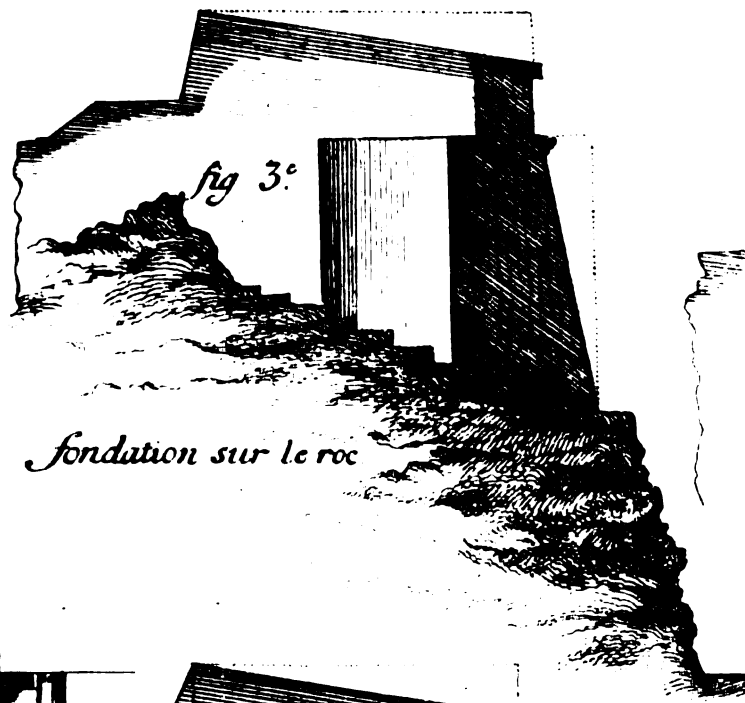
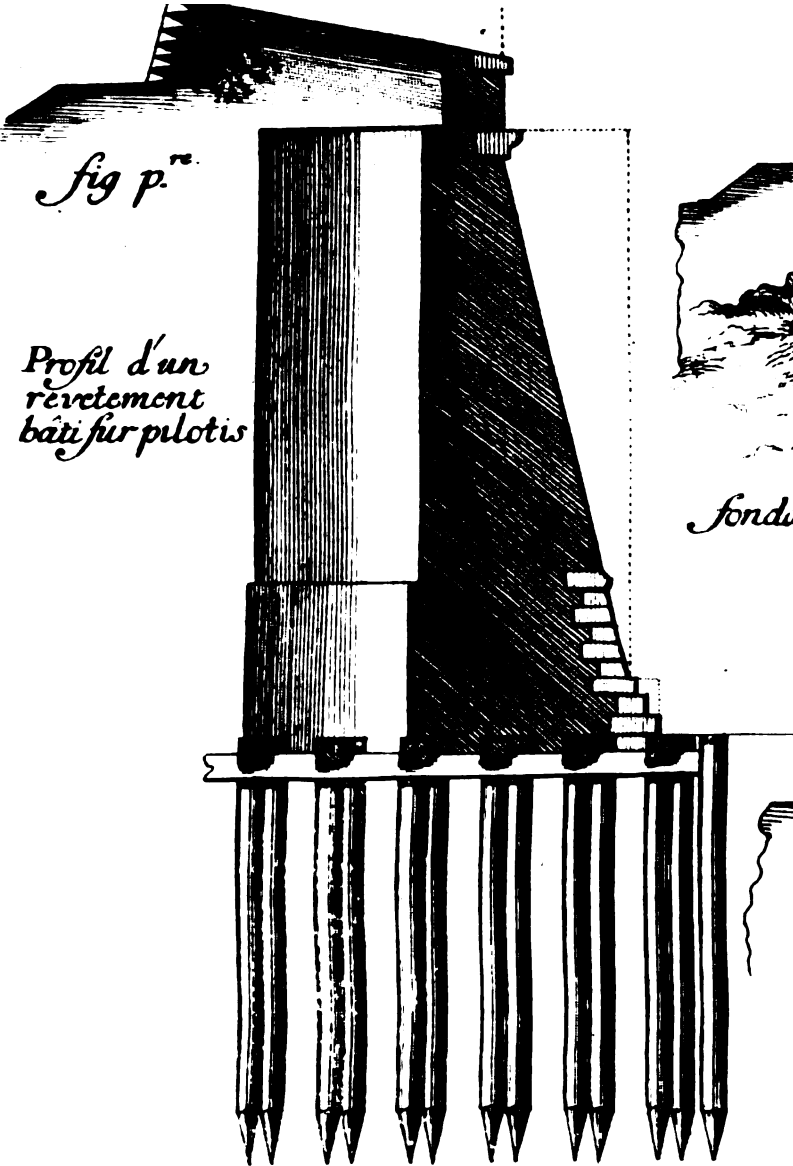
Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

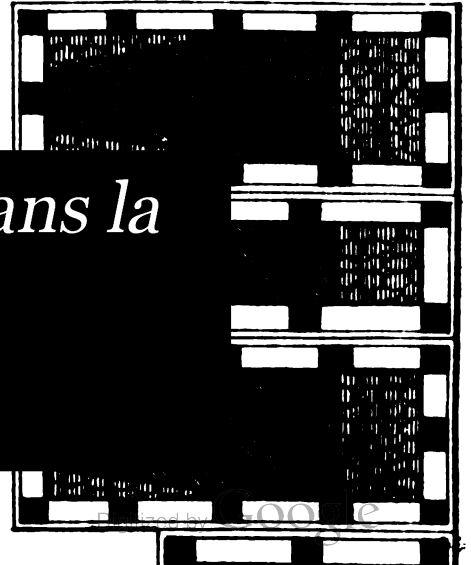
- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



fondemens avec des Coffres ou Caïssons

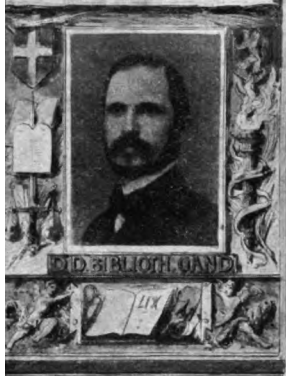


La science des ingenieurs dans la conduite des travaux de ...

Bernard Forest de Belidor,
M. Belidor, Belidor (Bernard Forest de)



EX LIBRIS
V. M. P. ARMEGLINI



COLLECTION
DE
RYHINER.



UNIVERSITEITSBIBLIOTHEEK GENT



900000



Ar 382.

Q.3 1A

LA SCIENCE
DES
INGENIEURS
DANS LA
CONDUITE DES TRAVAUX
DE FORTIFICATION
ET
D'ARCHITECTURE CIVILE,
DEDIÉE AU ROY.

*Par Mr. BELIDOR, Commissaire Ordinaire de l'Artillerie,
Professeur Royal des Mathématiques aux Écoles du même Corps,
Membre des Académies Royales des Sciences d'Angleterre & de
Prusse, & Correspondant de celle de Paris.*

NOUVELLE EDITION.



A LA H A T E,
Chez P I E R R E G O S S E Junior,
Libraire de S. A. R.
M. D C C. L I V.

THE
JOURNAL
OF
THE
ROYAL ANTHROPOLOGICAL INSTITUTE
OF GREAT BRITAIN AND IRELAND
VOLUME 10
PART 1
1880



A U R O Y,



I R E,

L'ART de fortifier les Places étant devenu une des parties la plus essentielle à la sûreté des Etats , j'ose esperer que
VOSTRE MAJESTE' *ne desapprouvera point la liber-*
 * 2 *te*

E P I T R E.

té que je prens de lui presenter ce Traité. Il deviendra peut-être utile dans un tems où Elle veut rendre ses Frontieres plus respectables que jamais, moins par la crainte des entreprises de ceux qui seroient jaloux de sa Gloire, que pour occuper utilement ses Troupes & faire regner l'abondance dans son Royaume par les fonds considérables qui passent dans les mains de ses Sujets. Vos bontés pour eux, SIRE, s'étendent plus loin, VOSTRE MAJESTE' leur permet de percer des Canaux dans plusieurs Provinces pour faciliter le Commerce. L'on construit de toute part des Ponts & des Chaussées, qui vont rendre les grands Chemins de la France aussi beaux que ceux qui ont tant fait d'honneur aux Romains, les Sciences & les beaux Arts font de nouveaux progrès par les bienfaits que VOSTRE MAJESTE' répand sur ceux qui s'y attachent. Elle a même voulu qu'à son exemple les Corps Militaires se fortifiassent dans les connoissances les plus propres à la Guerre & à former les Grands-Hommes; car, sans parler des Camps magnifiques qu'Elle a ordonnés, ni des avantages qu'Elle fait à la jeune Noblesse, est-il rien de plus digne de sa Grandeur, que les Ecoles qu'Elle a établies pour entretenir son Artillerie dans un exercice continuel. Tout marque, SIRE, la douceur de votre Règne; & le bonheur de la Paix dont nous jouissons, ce qui

E P I T R E

qui devient l'ouvrage de votre Sagesse, depuis que les plus grands Princes de l'Europe vous ont choisi pour l'Arbitre de leurs intérêts, comme le feni dont la prudence pouvoit calmer les troubles que les apparences de la Guerre avoient fait naître. Que cette époque, SIRE, vous comble de Gloire, & va inspirer d'amour & de confiance à toutes les Nations qui seront sûres de trouver en VOSTRE MAJESTE' un Protecteur dont le pouvoir ne se fait connoître que par la Justice & la Clemence! Que je m'estime heureux d'être né sujet d'un si Grand Roy, & de travailler pour son Service! Je sens bien que ce que je puis faire est au-dessous d'une si belle destinée; mais je sçai, SIRE, que vous daignerez jeter un regard favorable sur ceux qui tâchent de marquer leur zele pour ce qui peut avoir quelque rapport au bien de l'Etat. VOSTRE MAJESTE' commençoit son Regne Glorieux quand j'ai ébauché l'Ouvrage dont voici le premier Volume; les Mathématiques qu'Elle cultivoit alors me faisoient découvrir plusieurs voyes pour perfectionner les Fortifications, je n'ai cessé depuis de les appliquer à ce qui sembloit n'avoir pas été traité avec assez de précision, dans l'esperance que j'arriverois un jour jusqu'au pied du Trône de VOSTRE MAJESTE', pour lui offrir le fruit de mes veilles: la satisfaction d'y être par-

E P I T R E.

venu va faire toute ma félicité; & les recherches les plus pénibles n'auront rien qui n'excite de nouveau mon émulation, lorsque je me rappelleray que le second Volume me procurera encore un moment si précieux. Je suis,

S I R E,

DE VOSTRE MAJESTE',

**Le très-humble, très-obéissant,
& très-fidèle Sujet & Serviteur,**

BELIDOR.



P R É F A C E.

SI l'on considère tous les differens Travaux dont les Ingenieurs ont la conduite, l'on conviendra qu'il n'y a point de Profession qui exige plus de connoissance que la leur. Car, sans parler de la maniere de disposer les Pièces de Fortification pour les rendre capables de toute la deffence possible malgré les irrégularités des lieux & la figure bizarre d'une enceinte qu'on veut ménager, ni de tout ce qui peut les distinguer dans la Guerre des Sièges, quelle foule d'objets divers ne presente pas la construction des Fortifications, qui est la seule chose que je me suis proposée dans ce Volume. On ne peut parcourir les Places Frontieres, sans rencontrer à chaque pas des Ouvrages d'une construction particuliere: quelquefois même, sans passer d'un lieu à un autre, on trouve dans le même endroit tout ce qui peut exercer pendant plusieurs années les esprits les plus laborieux & les plus capables des grandes choses. Quand on veut entrer dans le détail, tout devient interessant, on apperçoit mille choses essentielles qui échapent aux yeux de ceux qui regardent les Fortifications avec indifferance: ici il faudra travailler dans des lieux aquatiques qui présentent cent sortes de difficultés à surmonter; là ce sont des Rochers escarpés, qu'il faut soumettre aux regles de l'Art; plus loin, construire des Dignes, des Ecluses, des Ponts, des Formes, des Bassins, des Jettées, des Fanaux, des Risbans, des Moles, & tant d'autres Ouvrages qui se font aux Places
Ma-

Maritimes ; ailleurs , joindre une Riviere à une autre par des Canaux qu'il faudra peut-être faire passer sur des Montagnes , pour de-là aller traverser quelquefois un Marais , & même une Riviere , sans qu'elle devienne un obstacle au chemin que le Canal doit parcourir pour faciliter la Navigation & le Commerce ; d'autre part , c'est un torrent rapide , qu'il faut maintenir dans son lit , en construisant des Epys pour en conserver les bords , ou empêcher qu'il ne détruise une Isle fortifiée , ou ne s'aille répandre dans la Campagne , & y causer de grands dommages.

Présentement , si l'on examine l'intérieur des Places , l'on y appercevra des Ouvrages de toute autre espèce : ce seroit des Portes de Villes , des Ponts , des Batardeaux , des Souterrains , des Arsenaux , des Citernes , &c. qu'il faut savoir exécuter. Enfin , l'on peut dire qu'un bon Ingenieur est un homme universel , & que rien ne fait plus d'honneur à la France , que d'en avoir un très-grand nombre capable de toutes les choses dont je viens de donner un crayon.

Quand on envisage tout ce que comprennent les Fortifications , n'est-on pas lieu d'être surpris qu'il n'y ait en France aucun Traité pour l'instruction des jeunes gens qui veulent prendre ce parti ; car , je compte pour rien ceux qu'on a mis au jour sous le Nom de Mr. le Maréchal de Vauban , pour leur donner du crédit , & qu'il a toujours déavoué. D'ailleurs , ces Traités n'apprennent tout au plus que le nom des Ouvrages , & à tracer sur le Papier un front de Polygone avec quelques dehors , dont la plupart sont assez mal entendus : on n'y fait point mention de la construction ni de tous les détails qui y ont rapport. Ce n'est pas que nous n'ayons un nombre d'habiles gens qui pourroient nous en donner d'excellens ; plusieurs ont travaillé avec Mr. de Vauban , & il n'y a rien qu'on ne doit atten-

dre

P R E F A C E.

dre de leur capacité. Mais, leur silence est glorieux: le Roy leur a confié les Barrières du Royaume: sans cesse occupés à faire des Ouvrages nouveaux ou à maintenir les anciens en bon état, ils sont privés du loisir qu'il faudroit pour répandre leurs lumières, & se contentent de les communiquer à ceux qui travaillent sous leurs ordres.

Mais, si l'on fait réflexion qu'on s'instruit fort lentement quand on n'apprend les choses qu'à mesure qu'elles se présentent, & qu'il arrive rarement qu'un jeune Ingenieur puisse voir dans une même Province toutes les différentes especes de Travaux qui dépendent des Fortifications; l'on conviendra, que rien ne seroit plus utile qu'un bon Livre, dans lequel il pût acquérir une connoissance generale de toutes les parties de son métier: afin que, venant à passer d'une Place à une autre, il ne se présente rien dont il ne puisse avoir la conduite, dès qu'il joindra la Théorie à ce que la Pratique pourra lui apprendre. Il feroit alors beaucoup plus de progrès, & pourroit en peu de tems se mettre en état de marcher sur les traces des plus grands maîtres.

On ne peut disconvenir, qu'un tel Livre ne fût d'une grande utilité; sans doute que l'on m'accusera de temerité d'avoir osé l'entreprendre. Quand je l'ai commencé, si j'en avois conçu toute la conséquence, je me serois bien gardé d'y penser; peut-être aurois-je pris le parti le plus sage, & me serois épargné par-là beaucoup de peines & d'inquiétudes. Mais, ce n'est ordinairement qu'après avoir travaillé long-tems, qu'on s'apperçoit du danger qu'il y a de se faire imprimer: parceque, devenant plus délicat, on cesse de voir ses Ouvrages avec la même complaisance: on méprise au bout de quatre jours ce qu'on avoit trouvé passable d'abord, & on n'est jamais content de soy par l'envie qu'on a de mieux faire.

**

Il

P R E' F A C E.

Il y a 13 ou 14 ans que j'ai ébauché celui-ci, fans avoir pû me persuader qu'il méritât d'être mis au jour ; & peut-être ne seroit-il pas sorti de mon Cabinet, si j'en avois été entierement le maître. Je n'affecte point une fausse modestie ; les personnes aux lumieres desquelles j'ai soumis mes écrits rendront justice à la sincerité de mes sentimens : la gloire d'avoir fait un Livre ne s'est jamais présentée à mon esprit d'une maniere assez riante, pour me sentir flatté de la qualité d'Auteur. Je n'ai jamais perdu de vûe la censure à laquelle j'allois m'exposer, & cette pensée m'a même souvent intimidé : cependant, j'ai fait ensorte d'en tirer avantage, en considérant la rigueur du Public comme un motif excellent pour me rendre circonspect. Tout le monde est d'accord, que ce n'est que depuis qu'on l'a regardé comme un Juge inexorable, que l'émulation des Gens de Lettres s'est accrûe, & que les Bibliothèques se sont grossies d'un grand nombre de Livres en toute sorte de genre, qui ne seroient peut-être pas si achevés, si ceux qui les ont produits n'avoient apprehendé le ridicule que les gens de bon goût ont coûtume de donner à tout ce qui porte un caractere de médiocrité. Il est vrai qu'il y a des matieres si abondantes par elles-mêmes, que, pour peu qu'on les traite avec méthode, on peut se tirer plus heureusement d'affaire : celles dont je parle sont de cette nature ; &, pour juger du Plan general que je me suis proposé, en voici la Disposition.

Il s'agit de quatre Volumes in-quarto, accompagnés d'un très grand nombre de Planches gravées en Taille-douce, qui comprennent les Plans, Profils, & Elevations des differens Sujets qu'on s'est proposé de développer. De ces quatre Volumes, il y en a deux qui regardent l'Art de fortifier les Places dans toute sorte de situation, la Maniere de les attaquer & de les deffendre, relativement à

P R E F A C E.

à ce qui s'est pratiqué de mieux depuis l'invention de la Poudre: les deux autres ont pour objet la Construction des Fortifications & de tous les Ouvrages qui en font partie; & c'est le premier de ces deux-là que je donne presentement, puisque l'Ordre naturel demande que l'on parle de la Maniere de construire les Places qu'on veut fortifier, avant de donner des Maximes pour les attaquer & les defendre. Ce n'est pas que ces deux Objets n'ayent un raport intime; aussi l'a-t-on insinué aux endroits où il convenoit d'en faire mention: d'ailleurs, on n'a pas voulu donner les quatre Volumes à la fois, afin d'avoir plus de facilité pour l'Impression; & ne point engager le Public tout d'un coup dans une dépense qui auroit pû gêner plusieurs personnes. Ajoûtons, que les Volumes, qui conviendroient aux uns, ne conviendroient peut-être pas aux autres, selon le goût que l'on peut avoir pour les matieres qui interressent plus ou moins; chacun faisant un Traité à part, qui peut être détaché du reste; c'est pour-quoi, je ne m'arrêterai point à les détailler, pour ne m'attacher uniquement qu'à celui-ci, afin d'éviter la confusion que pourroient faire naître tant de Sujets differens.

Ce Volume est divisé en six Livres. Dans le premier, on enseigne la Maniere d'appliquer les Principes de la Mécanique à la Construction des revêtemens de Maçonnerie, pour sçavoir l'épaisseur qu'il faut leur donner par raport à la poussée des terres qu'ils ont à soutenir: on y fait voir suivant quelle loy cette poussée agit, de quelle résistance les contreforts peuvent être capables, selon leur longueur, leur épaisseur, & la distance où ils seroient les uns des autres; en un mot, ce Livre comprend beaucoup de choses très-utiles, dont la plûpart n'avoient pas encore été traitées.

Dans le second, l'on considere de quelle maniere se fait

P R E F A C E.

la pousse des Voûtes, afin d'en tirer des Régles générales & certaines pour déterminer l'épaisseur de leurs Piés-droits selon la figure que l'on voudroit donner aux Voûtes dans les differens usages qu'on en fait pour les Fortifications, soit aux Souterrains, Portes de Ville, Magasins à Poudre, &c. On y parle aussi des Culées des Ponts par raport à la pousse des Arches, & de plusieurs Observations touchant l'exécution de ces sortes d'Ouvrages.

Dans le troisiéme, on trouvera plusieurs Dissertations sur les qualités & le choix des matériaux, avec la maniere de les mettre en œuvre dans toute sorte de travaux, les détails dans lesquels il faut entrer pour en faire les Estimations & les Devis, ce qu'il faut observer dans les grands Ateliers pour le transport & le remuement des terres, la façon de les employer & comme on doit construire les Voûtes des souterrains. On s'est étendu particulièrement sur les différentes especes de fondemens qu'on pouvoit faire dans toute sorte d'endroits, principalement dans ceux qui presentent de grands obstacles à vaincre : & pour tout dire enfin, on a supposé dans ce Livre qu'on avoit une Place neuve à bâtir, pour avoir lieu de parler de tous les gros Ouvrages de Fortification, & d'en montrer la conduite depuis le tracé du projet jusqu'à son entière execution.

Dans le quatriéme, on a eu pour objet la Construction de tous les Edifices qui se font aux Places de Guerre, comme sont les Portes de Ville, Corps de Gardes, Redoutes, Magasins, Arsenaux, Cazernes, Boulangeries, Cantines, Citernes, &c. On y donne aussi des Régles générales pour l'Architecture Civile, & des Principes sur la force des Bois de Charpente ; enfin, on est entré dans le détail de toutes les différentes parties qui se rencontrent dans la Construction des Edifices.

Dans le cinquiéme, on enseigne ce qui peut appartenir à

P R E F A C E.

à la Décoration, c'est-à-dire, que l'on y donne les cinq Ordres d'Architecture, avec les Règles & les Maximes des plus fameux Architectes tant anciens que modernes, pour orner les Bâtimens & leur donner cette Elegance qui les distingue du commun.

Enfin, dans le sixième Livre on montre la Maniere de faire les Devis de tous les Ouvrages contenus dans les précédens: on en raporte des Exemples détaillés & circonstanciés avec le plus de netteté qu'il a été possible: on y trouvera aussi plusieurs Observations sur la forme des Adjudications, & les Conditions sous lesquelles on doit passer les Marchés aux Entrepreneurs. Et, pour rendre ce Livre plus instructif, & suivre l'Esprit du troisième & du quatrième, on a commencé par donner un Modèle de Devis general pour une Place neuve qu'on auroit à construire, accompagné de quelques autres Devis particuliers qui serviront pour dresser ceux des Ouvrages qui se font le plus ordinairement dans les Places.

Comme ces six Livres font autant de petits Traités complets dans leur genre, on a affecté en les imprimant de les détacher les uns des autres, afin de contribuer à la satisfaction de plusieurs personnes qui desiroient les avoir séparés, ou les faire relier en deux Tomes, plus commodes, selon eux, que s'ils n'étoient qu'en un seul; c'est pourquoi les pages de chaque Livre sont cottées à part. J'ajouterai aussi, que dans le premier & le second, & dans la suite des autres, lorsque l'on verra à la marge *V. le C. art. &c.* Cela veut dire, *Voyez tel article du Cours de Mathématique.* J'entends celui que j'ai fait à l'usage de l'Artillerie & du Génie, qui se trouve chez le même Libraire qui vend mes Ouvrages; car, comme ce Cours a été composé exprès pour faciliter l'Intelligence des choses de Théorie qui demandoient des Connoissances préliminaires, & que

j'aurois eû peine à indiquer ailleurs, il étoit naturel que j'y eusse recours plutôt qu'à tout autre.

A l'égard du second Volume, on y trouvera généralement tous les Ouvrages qui appartiennent à l'Architecture Hydraulique, avec un Dictionnaire fort ample des Termes propres à la Fortification & à l'Architecture; & j'ose bien assurer, que ce Volume fera au moins aussi intéressant que le premier. Ayant encore des Augmentations à y faire, il ne paroîtra pas cette année, comme je l'avois fait espérer; mais, le Public n'y perdra rien, je tâcherai de payer avec usure l'attente de ceux qui voudront bien y prendre quelque part: d'ailleurs, il est à propos que je sache le Jugement qu'on portera de celui-ci, afin que si j'apprenois qu'il y eût des Augmentations ou des Corrections à y faire, on pût les donner par Supplément. Pour les Fautes d'Impression, je ne doute pas qu'on n'en rencontre quelques-unes; mais, je ne les crois point assez de conséquence pour arrêter le Lecteur: c'est pourquoi, je n'ai pas fait d'Errata:

Malgré toutes les Mesures que j'ai pu prendre, pour rendre cet Ouvrage le plus achevé qu'il m'a été possible, j'ai cru ne devoir le mettre au jour, qu'après l'avoir exposé tout de nouveau à la Censure des Ingenieurs du premier ordre; & Mr. le Marquis Dasfeld ayant bien voulu s'intéresser à tout ce qui pouvoit perfectionner mon dessein, je l'ai prié de me nommer pour Commissaires quatre Directeurs des Fortifications: aussi-tôt qu'il se fut rendu à mes instances, je leur présentai mon Manuscrit, qu'ils prirent la peine d'examiner conjointement avec les Ingenieurs en Chef & les autres qui se sont trouvés sur les lieux. Et comme il est permis de se faire honneur des Approbations que les Personnes équitables & éclairées veulent bien nous accorder, voici celles de Messieurs de Vauban, Demus, de Vallory, & Gittard.

A P-

A P P R O B A T I O N S.

NO U S Lieutenant General des Armées du Roy, Grand-Croix de l'Ordre Militaire de Saint Louis, Gouverneur des Ville & Chateau de Bethune, Directeur des Fortifications des Places de la Province d'Artois, certifions avoir lu & examiné, à la recommandation de M. le Marquis Dasfeld, avec autant d'exactitude qu'il nous a été possible, un Manuscrit intitulé la Science des Ingenieurs dans la conduite des travaux de Fortification, par M. de Belidor, dans lequel nous n'avons rien trouvé qui ne soit conforme à ce qui se pratique de mieux pour la construction des Ouvrages de Fortification, Ecluses, & Edifices Militaires: la plupart des matieres qui étoient susceptibles des regles de Geometrie, y sont traitées avec précision & netteté, & qui pourra contribuer à la perfection des Ouvrages; je juge même que les Ingenieurs pourront se servir très-utilement des regles qui y sont enseignées, & qu'en general ce Livre ne peut être que très-avantageux au Service du Roy & à ceux qui sont chargez de la Construction des Ouvrages de sa Majesté. Fait à Bethune ce 17 May 1728. Signé, DE VAUBAN.

Nous soussigné Chevalier de l'Ordre Royal & Militaire de Saint Louis, Brigadier des Armées du Roy, Ingenieur, Directeur des Fortifications des Places du Soissonnois & de partie de celles de Picardie, certifions avoir vu, lu, & examiné par ordre de M. le Marquis Dasfeld avec toute l'attention dont nous sommes capables, un Manuscrit contenant 22. Cahiers, accompagné d'un grand nombre de Planches qui doivent composer un Ouvrage intitulé la Science des Ingenieurs dans la conduite des travaux de Fortification, par M. de Belidor, dans lequel nous n'avons rien reconnu qui ne soit très-bon, très-utile au Service du Roy, & avantageux à tous ceux qui s'appliquent à la Profession d'Ingenieur; les matieres y étant traitées selon l'usage que j'ai vu pratiquer dans plusieurs Places depuis 56. ans que je fais travailler. Fait à S. Quentin le 28 d'Avril 1728. Signé, DEMUS.

Nous soussigné Chevalier de l'Ordre Militaire de S. Louis, Directeur des Fortifications de la Flandre; certifions avoir vu, lu, & examiné avec soin, par ordre de M. le Marquis Dasfeld, un Manuscrit accompagné de Planches, qui a pour titre la Science des Ingenieurs dans la conduite des travaux de Fortification, par M. de Belidor, dans lequel nous n'avons rien trouvé que de très-bon, très-utile, & démontré avec toute l'exactitude & la capacité requise, tant Geometrique-ment que par la pratique ordinaire, & jugeons que ce travail ne peut être que très-utile & avantageux pour le Service du Roy, & à ceux qui s'appliquent à la connoissance des Fortifications, puisqu'ils ne pourront point se servir d'une Methode plus facile & plus exacte que celle qui y est démontrée. Fait au Quesnoy ce 2 May 1728. Signé, VALLORY.

Nous soussigné Chevalier de l'Ordre Militaire de S. Louis, Commandant pour le Roy au Fort de S. Sauveur de Lille, Ingenieur ordinaire du Roy, ayant la Direction des Fortifications des Ville & Citadelle de Lille; certifions avoir vu, lu, & exa-

Et examiné avec soin un Manuscrit qui a pour titre la Science des Ingenieurs dans la conduite des travaux de Fortification, par M. de Belidor, dans lequel nous n'avons rien trouvé que de très bon Et très-utile, bien démontré Géométriquement dans plusieurs parties essentielles qui n'avoient été jusqu'à présent mises en usage que par pratique, ce qui pourra beaucoup contribuer à la perfection des Ouvrages de Fortifications, Et devenir très-utile pour le Service du Roy, Et à perfectionner les jeunes Ingenieurs, qui trouveront dans ce Traité avec beaucoup d'exatititude Et de netteté ce qui ne se rencontre point dans aucuns des Auteurs qui ont traité des Fortifications. Fait à Lille ce 9 May 1728. Signé, GITTARD.

Ayant traité dans le cinquième Livre, comme je l'ai insinué cy-devant, tout ce qu'on pouvoit dire de plus essentiel sur les Ordres d'Architecture, j'ai consulté aussi Messieurs les Architectes du Roy, entr'autres Mr. de Cotte, qui a bien voulu prendre la peine d'examiner, non-seulement ce qui appartenoit à la Décoration, mais encore les autres Parties de cet Ouvrage; & voici le Jugement qu'il en a porté.

Nous soussigné Chevalier de l'Ordre de S. Michel, premier Architecte, Intendant des Bâtimens, Arts, Et Manufactures du Roy, Directeur de l'Academie Royale d'Architecture, certifions avoir lu Et examiné avec beaucoup de soin un Manuscrit accompagné d'un grand nombre de Planches, qui composent un Livre intitulé la Science des Ingenieurs dans la conduite des travaux de Fortification par M. de Belidor, dans lequel nous n'avons rien trouvé qui ne soit traité avec beaucoup de méthode Et de capacité, les choses les plus ordinaires y étant mises dans un jour qui les rend interessantes, Et celles qui sont d'une plus grande considération étant perfectionnées par de nouvelles règles qui rendent cet Ouvrage digne des éloges des plus habiles Gens, rien n'étant mieux traité que la Mécanique Et Construction des Revêtemens de Terrasses Et des Voutes: c'est le Jugement que j'ai crû en devoir porter dans les sentimens de rendre justice à l'Auteur qui travaille avec tant de zele pour la perfection des Arts Et des Sciences, Fait à Paris ce 24 May 1728. Signé, DE COTTE.

J'ay lu, par l'Ordre de Monseigneur le Garde des Sceaux, un Manuscrit qui a pour titre la Science des Ingenieurs dans la conduite des Travaux de Fortification, Et j'ai crû que l'Impression de cet Ouvrage feroit plaisir à ceux qui sont dans ces Travaux, Et seroit d'une grande utilité. FAIT à Paris le 25. May 1728. SAURIN.



LA SCIENCE DES INGENIEURS

DANS LA CONDUITE DES TRAVAUX DE FORTIFICATION.

LIVRE PREMIER.

Où l'on enseigne la maniere de se servir des principes de la Mécanique, pour donner les dimensions qui conviennent aux revêtemens des Ouvrages de Fortification, pour être en équilibre, avec la poussée des Terres qu'ils ont à soutenir.

DEPUIS qu'on a cherché dans les Mathématiques les moyens de perfectionner les Arts, on y a fait des progrès qu'on n'eût osé espérer auparavant ; mais comme il n'y a qu'un petit nombre de personnes qui sont en état de juger jusqu'où peut mener cette science, on a peine à se persuader qu'elle soit capable de toutes les merveilles qu'on lui attribue, ce que l'on a découvert de plus avantageux, étant justement ce qui est ignoré du Public,

A

& mé-

LA SCIENCE DES INGENIEURS,

& même de ceux qui pourroient s'en servir utilement, par l'éloignement où ils sont de comprendre les principes qui ont conduit à la recherche d'une infinité de choses utiles, à moins qu'ils ne s'en instruisent & ne se mettent, pour ainsi dire, eux-mêmes en état de faire des découvertes: d'ailleurs l'opinion qu'il n'y a que la seule pratique qui peut les mener au but, est encore un obstacle qui n'est pas le moins difficile à vaincre, il est bien vrai que l'expérience contribué beaucoup à donner des connoissances nouvelles, & qu'elle fournit tous les jours aux plus habiles gens des sujets de reflexion dont ils ne se feroient peut-être point avisés si elle ne les avoit fait naître. Mais il faut que cette expérience soit éclairée, sans quoi, l'on ne peut avoir que des idées très-confuses sur tout ce qui se présente; on voit toujours les objets par la même face, on veut qu'ils soient tels qu'on nous a dit qu'ils étoient, ou tels qu'il a plu à notre imagination de nous les représenter: & qu'on soit dans le vrai ou non, on passe toute sa vie sans rien sçavoir de juste & de précis sur ce que l'on croit pourtant posséder le mieux. Delà vient que bien des choses imparfaites demeurent toujours dans le même état, elles se transmettent d'une postérité à l'autre avec les mêmes défauts; & si par hazard quelqu'un s'avise de les remarquer, aussitôt tous les gens du métier se révoltent contre la nouveauté, l'on a peine à se figurer que ceux qui n'ont point travaillé toute leur vie à certains ouvrages, puissent en raisonner juste, & la vérité toute estimable qu'elle est se trouve souvent obligée de garder le silence, ou de prendre des mesures & des ménagemens pour s'insinuer. Cela vient sans doute, de ce que la plupart des hommes ne consultent point assés la raison; esclaves du préjugé, c'est presque toujours l'usage qui les détermine; & pour ne parler que de l'*Architecture*, qui est le seul objet que j'ai en vûe, n'est-il pas surprenant que depuis le tems qu'on la cultive, on l'ait si peu perfectionnée en certains points essentiels qui en sont comme la base; car si l'on en excepte quelques règles de convenance & de goût, qui appartiennent à la décoration, on n'a rien d'assés précis ni d'exact sur la plupart du reste, aucun Architecte n'a donné des principes pour trouver le point d'équilibre entre les forces agissantes & celles qui doivent résister, on ne sçait pas, par exemple, quelle épaisseur il faut donner aux revêtemens des Terrasses, ou à ceux des Remparts, des Quays & des Chaussées, aux piés-droits des Voutes, aux Culées des Ponts, pour être en équilibre par leur résistance avec la poussée que ces differens murs doivent soutenir, sans y employer des matériaux superflus.

S'il

S'il manque quelque chose à l'Architecture, c'est que ceux qui en ont traité, ont voulu tirer tout du même fond, & se passer des secours qu'ils ont crû étrangers à leur sujet, n'ayant pas considéré que les sciences doivent se donner des lumières mutuelles, & que celle-ci roulant sur des rapports, il n'y avoit que les Mathématiques qui pussent les déterminer, ils ont pourtant bien senti qu'il leur manquoit quelque chose, mais comme la plupart n'avoient que très-peu ou point du tout de connoissance de la Mécanique ni de l'Algebre, qui seules pouvoient donner ce qu'ils cherchoient, il n'est pas étonnant qu'ils n'y aient point eu recours, & qu'ils s'en soient tenu à une certaine pratique, qui à la vérité leur a réussi dans bien des cas, parce qu'ils n'ont point épargné les matériaux, quand ils ont eu quelque sujet d'aprehender que leur ouvrage ne fut point assez solide.

Après cela quand on parviendrait à trouver des règles qui donneroient à l'Architecture toute la perfection possible, il est à craindre qu'on n'en tire pas toute l'utilité qu'on pourroit se promettre; parce que les règles que les Géometres donneront ne pourront pas être entendues aussi aisément qu'on a coûtume d'entendre les Livres ordinaires de l'Architecture, & qu'il faudra absolument employer l'Algebre & la Mécanique, ces sortes de choses ne pouvant s'expliquer dans un autre langage. On aura beau dire qu'on n'y comprend rien, ce ne sera point la faute de ceux qui auront fait de leur mieux pour donner des principes nouveaux & plus certains que ceux que l'on avoit. Mais pourquoi, dira-t-on, vouloir assujettir l'Architecture à tant de connoissances abstraites? Les Architectes jusqu'ici n'ont pas sçû l'Algebre, & leurs ouvrages n'en sont pas moins solides, ni moins beaux. Je conviens qu'on ne sauroit trop les admirer, & qu'il est surprenant qu'ils aient pu se passer des règles dont je parle; cela vient apparemment du long usage où ils ont été de faire executer souvent la même chose, qui leur a fourni certaines pratiques dont ils se sont bien trouvés; mais quel temps ne leur a-t-il pas fallu avant d'être capables de travailler hardiment? A peine toute leur vie a-t-elle pu suffire; la malheureuse condition des hommes étant d'arriver au dernier terme de leurs jours lorsqu'ils commencent seulement à savoir quelque chose; il faudroit donc pour tirer le meilleur parti qu'il est possible d'une vie si courte apprendre avec méthode, ce qu'on a envie de savoir, avoir des règles sûres & démontrées, afin qu'en étant une fois prévenu, on ne soit pas obligé d'attendre que l'expérience ou le hazard nous les apprenne; ainsi dans quelque profession que l'on soit, il

4 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

faut entrer dans sa carrière avec le plus de fond qu'il est possible, ensuite mettre à profit nos réflexions, ou celles des autres, sur les différens cas qui se présentent ; c'est-à-dire, qu'il seroit à souhaiter qu'on commençât où ceux qui nous ont précédé ont fini, parce que ce qu'ils nous auront laissé, nous instruira presque autant que si nous l'avions pratiqué nous mêmes ; mais quoique bien des choses leur aient réussi, il est à propos de ne les imiter que dans celles où l'on apercevra les raisons qu'ils ont eu d'agir de telle & telle manière, car comme les lieux, les circonstances, les différentes espèces de matériaux peuvent favoriser ou altérer l'exécution d'une même chose, il seroit à craindre que ce qui a réussi aux uns, ne fasse échoïer les autres. Ainsi pour commencer à suivre la méthode selon laquelle il m'a paru que l'Architecture devoit être traitée, (c'est-à-dire, cette Architecture qui appartient principalement à l'Ingenieur,) nous allons enseigner dans ce Livre-ci une nouvelle théorie pour régler l'épaisseur des revêtemens de maçonnerie, qui, à ce que je croi, sera bien reçûe de ceux qui seront à portée de l'entendre, puisqu'ils y trouveront la résolution d'un grand nombre de Problemes utiles, dont ils pourront tirer beaucoup de connoissances : j'aurois bien voulu me servir d'une autre voie que celle de l'Algèbre pour me faire entendre, mais je n'ai pû m'en passer ; ce qui me fait appréhender que ceux qui ne sont que trop prévenus contre cette science, ne se préviennent aussi contre mon Ouvrage & n'en tirent pas tout le fruit que j'ai eu en vûe de leur procurer : je n'ai pourtant rien négligé pour me faire entendre clairement, je me suis servi par-tout des expressions les plus simples, terminant chaque proposition par un calcul Arithmétique ; & par des applications qui pourront être entendues de tout le monde, n'ayant pas voulu construire mes égalités selon la méthode ordinaire des Géomètres, crainte de donner à mon Ouvrage un air savant qui n'auroit fait que le rendre encore plus inaccessible à ceux pour qui j'écris.

Comme avant toutes choses, il faut connoître les centres de gravité de Figures sur lesquelles nous serons obligé d'operer, je vais enseigner ce qu'il faut savoir là-dessus dans le Chapitre suivant.

CHA-



CHAPITRE PREMIER.

Où l'on donne la maniere de trouver les centres de gravité de plusieurs Figures.

DÉFINITION.

IL y a dans tous les corps pesans, c'est-à-dire, dans toutes les Figures pesantes, un point par lequel cette Figure étant suspendue, ou soutenue comme sur la pointe d'un pivot fort aiguë, toutes les parties de la Figure demeurent en équilibre ou en repos, or ce point est nommé *le centre de gravité* de la Figure.

PROPOSITION PREMIERE.

THEOREME.

1. *Si l'on divise en deux également les côtés opposés AB, & CD, d'un Parallelograme, & qu'on tire la ligne EF, je dis que le centre de gravité de ce Parallelograme, est dans le milieu de cette ligne.*

PLANCH.
I.
FIG. I.

DEMONSTRATION.

Il est certain que la ligne *EF*, passant par le milieu de tous les élémens qui composent le Parallelograme, leur centre commun de gravité fera dans un des points de cette ligne; de même si par le milieu des côtés *AC*, & *BD*, on tire la ligne *GH*, le centre de gravité du Parallelograme sera aussi dans cette ligne *GH*, il sera donc au point *I*, où ces deux lignes se rencontrent. C. Q. F. D.

Remarque premiere.

2. Quoique l'on ait coutume de considerer un Plan sans nulle épaisseur, quand il s'agit de la superficie des corps, cela n'empêche pas qu'on ne puisse attribuer une pesanteur aux Plans dont nous parlons, sans que pour cela il faille leur supposer une épaisseur sensible: cependant comme cette pesanteur ne peut être mesurée par aucun poids, nous regarderons la valeur de la superficie des Plans,

A 3

com-

LA SCIENCE DES INGENIEURS.

comme tenant lieu de la pesanteur qui entre dans la Mécanique dont nous parlons; ainsi on peut imaginer que deux Plans homogènes sont en équilibre aux extrémités des bras d'un levier, quand les superficies de ces Plans sont dans la raison réciproque des bras du levier.

Remarque seconde.

3. Puisque l'on peut considérer la superficie d'un Plan comme exprimant la pesanteur qu'on lui attribue, on pourra donc, comme dans la Mécanique ordinaire, supposer toute la pesanteur du Plan; c'est-à-dire, la superficie réunie autour d'un point pris à volonté dans la ligne de direction qui passera par le centre de gravité; par exemple, nommant a , la hauteur AC , du Parallelograme; & b , la base CD ; la superficie sera ab ; or si on la suppose réunie dans le poids K , qui est dans un des points de la ligne IL , tirée du centre de gravité I , l'on pourra donc dire que la pesanteur de ce poids est exprimée par ab .

Fig. 1.

Remarque troisième.

4. Comme les Plans, dont il sera question, représenteront des profils de Maçonnerie ou de Terrasse, il faudra avoir égard, non-seulement à leur superficie quand ils tiendront lieu d'une puissance ou d'un poids, mais encore à la nature des corps dont ils seront la coupe, par exemple si on a un levier, dont le point d'appui soit dans le milieu, & qu'un Plan de six pieds quarrés, provenant d'une coupe de Maçonnerie, soit suspendu à l'extrémité d'un des bras; on ne peut pas dire que ce Plan puisse se mettre en équilibre avec un autre de six pieds quarrés provenant d'une coupe de terre, parce qu'un pied cube de Maçonnerie pesant davantage qu'un pied cube de terre, il faut s'imaginer que le premier Plan pèse davantage que le second, dans la raison qu'un pied cube de Maçonnerie pèse plus qu'un pied cube de terre; or comme nous avons besoin de connoître ce rapport, parce qu'il aura lieu dans cette Mécanique, l'on saura que le poids d'un certain voulume de Maçonnerie est à celui d'un pareil volume de terre, à peu près, comme 3 est à 2, c'est-à-dire, que la terre pèse moins d'un tiers que la Maçonnerie.

Remarque quatrième.

5. Si l'on avoit donc une puissance représentée par un nombre de

de pieds carrés provenant d'un profil de terre; qu'on voudrait mettre en équilibre avec un poids provenant d'un profil de Maçonnerie, il faudra prendre les deux tiers de la puissance, afin de la rendre homogène à la Maçonnerie; car comme la terre pèse moins d'un tiers que la Maçonnerie, on ne pourra jamais faire avec ces deux matières différentes des rapports de poids à poids, qu'on ne fasse une réduction dans le volume de la plus légère.

PROPOSITION SECONDE.

THEOREME.

6. Si l'on a un triangle ABC , quelconque; & que l'on FIG. 2. divise la base AC , en deux également au point D , je dis que le centre de gravité de ce triangle sera dans le tiers de la ligne BD , menée de l'angle B , au milieu de la base AC , qui lui est opposée.

DEMONSTRATION.

Pour le prouver, je divise le côté BC , en deux également au point E ; & de l'angle A , qui lui est opposé, je tire la ligne AE , ensuite je prolonge le côté BA , indéfiniment, & des points D & C , je mène à la ligne AE , les parallèles DG , & CH , cette préparation étant faite; considérés que si l'on suppose le triangle ABC , composé d'une infinité d'éléments parallèles à la base AC , la ligne BD , les divisera tous en deux également, & qu'ainsi le centre commun de pesanteur de la somme de tous ces éléments sera dans l'un des points de la ligne BD ; de même supposant encore le triangle ABC , composé d'une infinité d'éléments parallèles au côté BC , la ligne AE , les partageant en deux également, le centre de pesanteur de toute leur somme sera encore dans l'un des points de la ligne AE ; or puisque le centre de gravité de tous les éléments du triangle de quelque sens qu'on puisse les prendre, est d'une part dans la ligne BD , & de l'autre dans la ligne AE , le centre de gravité du triangle sera donc au point F , où ces deux lignes se coupent; ainsi il faut faire voir présentement que le point F , est éloigné de D , du tiers de la ligne BD .

Pour cela remarquons en premier lieu, que dans le triangle BHC , le côté BC , est divisé en deux également au point E , & que la ligne AE , étant parallèle à HC , le côté BH , sera aussi divisé égale-

LA SCIENCE DES INGENIEURS,

également au point A ; en second lieu, que dans le triangle AHC , le côté AC , est divisé en deux également au point D ; que DG , étant parallèle à CH , le côté AH , sera encore divisé en deux également au point G ; or la ligne AG , étant moitié de AH , elle sera aussi moitié de AB , puisque nous avons prouvé que AB , étoit égal à AH , ainsi AG , sera le tiers de BG , mais comme dans le triangle BGD , AF , est parallèle à GD , il s'ensuit donc que la ligne AG , étant le tiers de BG , la ligne FD , sera le tiers de BD .
C. Q. F. D.

Remarque premiere.

7. Pour appliquer ceci au triangle rectangle, qui est celui dont nous nous servons le plus ordinairement dans la suite, remarqués selon le théoreme précédent, qu'ayant divisé la base BC , en deux également au point D : (car nous prenons ici un des petits côtés pour la base:) & tiré la ligne AD , le point E , qui est au tiers de cette ligne, sera le centre de gravité du triangle rectangle ABC , or si de ce point l'on abaisse la perpendiculaire EF , sur la base BC , elle sera la ligne de direction qui passe par le centre de gravité; mais ED , étant le tiers de AD , DF , sera le tiers de BD , à cause des parallèles EF , & AB ; ainsi FD , sera la sixième partie de la base BC , & la ligne BF , étant double de FD , elle sera par conséquent les deux sixièmes, ou ce qui est la même chose, le tiers de la base BC ; l'on peut donc dire que dans un triangle rectangle, la ligne de direction EG , qui passe par le centre de gravité, passe aussi par le tiers de la base BC .

Remarque seconde.

8. Si l'on avoit un triangle rectangle; & qu'on voulut réunir toute sa pesanteur, c'est-à-dire, sa superficie dans un des points de la ligne de direction, il n'y auroit qu'à diviser la base BC , en trois parties égales, & de l'extrémité F , du tiers qui répond à l'angle droit, abaisser une perpendiculaire FG , elle sera la ligne de direction que l'on demande; ainsi nommant a , la hauteur AB , du triangle; & b , la base BC ; l'on aura $\frac{ab}{2}$ pour la valeur du poids H , dans lequel on suppose que l'on a réuni la pesanteur, ou ce qui est la même chose, la superficie du triangle.

PROPOSITION

PROPOSITION TROISIEME.

THEOREME.

9. Si l'on a un Trapezoïde $ABCD$, & que par le milieu O , & E , des côtés parallèles BC , & AD , l'on tire la ligne OE , je dis que si l'on divise cette ligne en trois parties égales par les points F & G , le centre de gravité du Trapezoïde sera dans l'un des points de la partie du milieu FG . FIG. 4.

DEMONSTRATION.

Si du point E , l'on mene les lignes EB , & EC , la figure sera divisée en trois triangles BEC , ABE , & ECD , or si par le point G , l'on mene la ligne HI , parallèle à AD , & qu'on divise les bases AE , & ED , en deux également aux points M , & N , pour tirer les lignes BM , & CN ; il est constant que la parallèle HI , qui passera par le tiers de la ligne BM , & CN , donnera les points K , & L , qui seront les centres de gravité des triangles ABE , & ECD , par l'article 6^e. Mais ces triangles sont égaux, puisqu'ils ont la même hauteur & des bases égales, leur centre commun de gravité sera donc dans le milieu de la ligne KL , par conséquent au point G . D'autre côté le centre de gravité du triangle BEC , est au point F , puisque la ligne OF , est le tiers de OE , il s'ensuit donc que le centre commun de gravité de ce triangle & des deux autres ABE , & ECD , joints ensemble; c'est-à-dire, du Trapezoïde; est dans l'un des points de la ligne FG . *C. Q. F. D.*

PROPOSITION QUATRIEME.

PROBLEME.

10. Trouver le centre de gravité d'un Trapezoïde.

On vient de voir dans le Théorème précédent que si la ligne OE , qui passe par le milieu des parallèles BC , & AD , étoit divisée en trois parties égales, que le centre de gravité de toute la Figure seroit dans l'un des points de la ligne FG . Or pour trouver ce point, nous regarderons la ligne FG , comme un levier aux extrémités duquel seroient suspendus deux poids, dont celui de l'extrémité FIG. 4.

B

mité

mité F , seroit équivalent au triangle BEC , & l'autre de l'extrémité G , équivalent à la somme des deux triangles ABE , & ECD ; & si l'on suppose que le centre de gravité que l'on cherche soit au point P , il est constant que dans l'état d'équilibre, il y aura même raison du triangle suspendu au point F , à la partie GP , que de la somme des triangles suspendus au point G , à la partie FP , mais comme ces trois triangles ont la même hauteur, ils seront entr'eux comme leurs bases; c'est-à-dire, que le triangle BEC , sera à la somme des deux triangles ABE , ECD , comme BC , est à AD , ainsi pour que le point P , soit le centre commun de gravité de ces trois triangles ou du Trapezoïde, il faut donc que BC , soit à AD , comme PG , est à PF , ce qui fait voir que pour trouver le centre de gravité d'un Trapezoïde, il faut par le milieu des parallèles BC , & AD , tirer la ligne OE , la partager en trois parties égales, & celle du milieu FG , en deux parties FP , PG , qui soient l'une à l'autre dans la raison de AD , à BC , en sorte que la plus grande partie, comme FP , réponde au plus petit côté BC , & que la plus petite, comme PG , réponde au plus grand AD , par exemple, si BC , étoit le tiers ou la moitié de AD , il faudroit que la partie PG , fut le tiers ou la moitié de FP .

Comme il suffit de savoir trouver le centre de gravité des Figures précédentes pour ce que nous avons à enseigner dans ce Livre-ci, je ne parlerai point de ceux des autres Figures, comme de portions de Cercles, d'Ellipse, &c. Parce que nous ferons en sorte de nous en passer, n'ayant pas voulu les donner, à cause que les démonstrations de ces Problèmes sont extrêmement longues par la Géométrie ordinaire, & que si j'avois eû recours aux méthodes que fournissent pour cela les nouveaux calculs, je me serois exposé à n'être entendu que de très-peu de personnes, ces calculs n'étant connus que des Géomètres du premier ordre.



CHAPITRE SECOND.

Où l'on enseigne comme on trouve l'épaisseur des Murs que l'on veut mettre en équilibre par leur résistance, avec les puissances qui agiroient pour les renverser lorsque ces Murs sont élevés à plomb des deux côtés.

PROPOSITION PREMIERE.

Tirée des principes de la Mécanique, & qui doit servir de Lemme à quelques-unes des Propositions qu'on rencontrera dans la suite.

II. SI l'on a un levier ou une balance AB , sans pesanteur, dont le point d'appui soit en C , & qu'il y ait à l'extrémité A , un poids M , & au point B , une puissance P , en équilibre avec ce poids; on demande de transposer cette puissance à l'extrémité D , du bras de levier CD , plus grand que CB , en sorte qu'elle soit encore en équilibre.

FIG. 5.

L'on sent bien que cette puissance agissant en D , n'aura pas besoin d'une si grande force qu'elle avoit en B , pour faire le même effet sur le poids M , puisque son action doit diminuer à mesure que le levier augmente, or pour qu'elle fasse le même effet à l'extrémité D , qu'à l'extrémité B , il faut que multipliant la force qu'elle a en B , par le bras de levier CB , l'on ait un produit égal à celui de la multiplication du bras de levier CD , par l'effort qu'il faut qu'elle fasse en D , nommant x , ce second effort; c , le bras CB ; & b , le bras CD ; l'on aura $cb = bx$ ou bien $\frac{c}{b} = x$; c'est-

Voyez le
Cours de
Mathe-
matiq. art.
195.

à-dire que pour avoir la force avec laquelle elle agira en D , il faut multiplier celle qu'elle avoit en B , par le bras de levier CB , & diviser le produit par toute la longueur CD , & le quotient sera ce que l'on demande.

Mais si le bras de levier au lieu d'être sur un seul alignement ACB , faisoit un angle comme font ceux du levier recourbé ABC ; il faudroit s'y prendre de la même façon pour transposer la puissance; c'est-à-dire, que si la puissance F , est appliquée à l'extrémité E , du bras EB , où elle agit selon une direction perpendiculaire

FIG. 6.

B 2

EF,

12 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

EF, & que l'on veuille la transposer à l'extrémité *A*, du levier *AB*, plus grand que *EB*, il faudra multiplier la force de cette puissance par le bras *EB*, & diviser le produit par le bras *AB*, pour avoir le quotient, qui fera la force de la puissance *G*, pour qu'étant appliquée en *A*, elle fasse le même effet qu'en *E*, en supposant toujours qu'elle agit selon une direction perpendiculaire au bras du levier.

Avertissement.

Avant d'entrer en matière, il est bon de faire ici trois suppositions, dont on comprendra aisément dans le sujet que je vais traiter.

12. La première est que l'on doit regarder un Mur comme étant assis sur des fondemens inébranlables, & que si une puissance pouvoit ou tiroit le Mur, sa base pourroit s'incliner sur les fondemens, comme feroit, par exemple, un cube ou un parallélepède posé sur une table.

13. La seconde, est qu'on doit considérer un Mur comme composé d'une seule pierre; c'est-à-dire, dont les parties soient si bien liées, qu'elles soient comme indissolubles, quelque effort que fasse la puissance qui agit, elle peut bien renverser le Mur, mais non pas le rompre.

14. La troisième, c'est qu'on peut regarder le profil d'un Mur comme exprimant le Mur même, car comme un Mur est composé d'une infinité de Plans parallèles entr'eux & perpendiculaires à l'horison, ce qu'on dira au sujet d'un de ces Plans, pourra se dire de même de tous les autres, ainsi la longueur du Mur est une chose dont nous ferons abstraction.

La première supposition n'a rien d'extraordinaire, puisqu'on n'y suppose aucune chose qui n'arrive fort souvent dans l'exécution: les piles des Ponts & les Murs qui sont bâtis sur Pilotis sont assis sur un plancher qui leur sert de base; ainsi dans ce cas-là le Mur ne doit être considéré que depuis la retraite jusqu'au sommet, & c'est sur ce pié que nous l'envisagerons, n'ayant pas jugé à propos d'admettre les fondemens dans les calculs que nous serons obligés de faire, parce que ces fondemens n'ayant point de profondeur déterminée, ils n'auroient pu convenir avec la précision que nous avons tâché de suivre.

La seconde supposition n'a rien non plus qui répugne, puisque dans une Théorie comme celle-ci, il est à présumer que la Maçonnerie a été faite avec toutes les attentions possibles, d'ailleurs le plus ou moins de liaison que peuvent causer les matériaux bons ou

ou mauvais, n'est point une chose qui appartient à ce Livre-ci. Je n'expliquerai point la troisième supposition, parce qu'elle est assez naturelle.

J'ajouterai encore que pour éviter les répétitions inutiles, nous supposerons toujours que les puissances dont nous parlerons, poussent ou tirent selon des directions perpendiculaires à la ligne verticale qui détermine la hauteur des Murs, excepté dans les occasions où on aura soin d'avertir du contraire; & que chacune de ces puissances seront nommées *bf*, sans qu'on doive s'embarasser au commencement pourquoi l'on prend plutôt l'expression *bf*, que toute autre pour désigner la force de la puissance, on en verra la raison dans la suite.

PROPOSITION SECONDE.

PROBLÈME.

15. Trouver l'épaisseur qu'il faut donner aux Murs qui sont élevés à plomb devant & derrière, pour que par leur pesanteur ils soient en équilibre avec l'effort qu'ils ont à soutenir.

Ayant un parallélogramme rectangle $ABCD$, qui représente le profil d'un Mur dont la hauteur AB , est déterminée, & une puissance P , qui pousse ce Mur selon une direction KD ; on demande qu'elle épaisseur il faudra donner à la base BC , pour que ce Mur par son poids soit en équilibre avec l'effort de la puissance.

FIG. 8.

Comme c'est la même chose à la puissance P , de pousser de K , en D , ou de tirer de A en H , pour renverser le Mur, nous supposerons qu'à l'extrémité de la corde AH , qui va passer sur une poulie L , on a attaché un poids I , qui est équivalent par sa pesanteur à la force de la puissance: nous supposerons aussi qu'ayant trouvé le centre de gravité F , du parallélogramme, on a réuni toute sa superficie dans le poids G , qui est suspendu au milieu F , de la ligne BC .

Cela posé, il faut considérer les lignes AB , & BF , qui forment l'angle droit ABF , comme le bras d'un levier recourbé, dont le point d'appui est à l'angle B , le poids G , à l'extrémité F , du plus petit bras BF , & la puissance dans la direction de la corde AH , qui est attachée à l'extrémité A , du plus grand bras AB , nous nommerons a , le bras AB ; & bf , la valeur de la puissance ou du poids I ; la ligne BC , que nous cherchons, sera nommée γ ; pour

B 3

lors

14 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

lors l'on aura ay , pour la superficie du parallelograme, ou ce qui est la même chose, pour la valeur du poids G , or il ne s'agit donc que de connoître y .

V. le C.
art. 494.

Remarqués, que pour que la puissance & le poids soient en équilibre, il faut qu'ils soient dans la raison réciproque des bras du levier, & comme on suppose ici l'équilibre, l'on aura donc $bf, ay ::$

$\frac{y}{2}, a$, qui donne $abf = \frac{ay}{2}$ d'où effaçant a , de part & d'autre, &

multipliant le premier membre par 2, pour faire évanouir la fraction du second, il vient $2bf = yy$, qui se réduit à cette dernière équation $\sqrt{2bf} = y$.

A P L I C A T I O N .

Pour trouver l'épaisseur qu'il faut donner à un Mur qui est poussé par le sommet selon une direction perpendiculaire, il faut doubler le nombre qui exprime la valeur de la puissance & en extraire la racine quarrée, cette racine sera ce que l'on demande, par exemple suposant que la puissance bf , soit équivalente à un plan de 18 pieds quarrés, il faut doubler ce nombre pour avoir 36 pieds quarrés, dont la racine qui est 6, sera l'épaisseur BC , que l'on cherche.

Si j'ai supposé que la puissance étoit équivalente à un plan de 18 pieds quarrés, il ne faut pas que cela paroisse extraordinaire, puisque, comme on l'a déjà insinué dans le second article, les forces agissantes & résistantes ne doivent être exprimées dans cette Mécanique qu'avec des plans, comme on en verra encore mieux la raison ailleurs.

C O R O L L A I R E I .

FIG. 7.

16. Si l'on avoit un Mur AD , poussé par deux puissances qui agissent selon les directions LB , & KM , ou qui tirent de l'autre côté selon les directions AI & GH , & qu'on veut savoir quelle épaisseur il faudroit donner à ce Mur pour être en équilibre avec les deux puissances, il faut réunir la puissance H , avec la puissance I , c'est-à-dire, la transporter à l'extrémité A , selon l'article 11^e. & suposant que la valeur de ces deux puissances soit exprimée par bf , l'on aura comme cy-devant $\sqrt{2bf} = y$.

COROL-

COROLLAIRE II.

17. De même si l'on avoit une puissance appliquée en E , qui tire de E , en H , & une autre appliquée en B , tirant de B , en K , & qu'on voulut connoître qu'elle doit être l'épaisseur AD , pour que le Mur soit en équilibre par son poids, avec les deux puissances, en supposant que la puissance K , fait beaucoup plus d'effort au point B , que la puissance H , n'en fait au point E , il faut réduire la puissance H , à l'extrémité C , par l'article 11^e. pour avoir la puissance I , qui sera opposée à la puissance K , ainsi étant sur un même alignement, il se fera une destruction de force; c'est-à-dire, que la puissance K , que nous avons supposée la plus grande des deux, sera diminuée de toute la puissance I ; c'est pourquoi si l'on retranche la plus petite de la plus grande, & que l'on nomme la différence bf , tout le mécanisme se réduira encore à cette dernière équation $\sqrt{2bf} = y$. FIG. 16.

COROLLAIRE III.

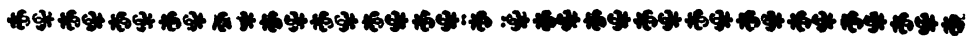
18. Ayant un Mur AD , & une puissance K , appliquée à l'extrémité A du levier AC , qui tire de A en F , selon une direction oblique au bras du même levier; voulant savoir quelle épaisseur il faut donner à la base CD , du Mur pour qu'il soit en équilibre par son poids avec l'effort de la puissance K ; considérons que le poids I , équivalent à cette puissance n'aura pas tant de force en agissant selon la direction oblique AF , que si c'étoit selon une direction AN , perpendiculaire au levier AC . Or si l'on abaisse du point d'appui C , la perpendiculaire CG , sur le prolongement FA , de la direction de la puissance, on pourra au lieu du bras de levier CA , prendre le bras CG , & pour lors la proposition subsistera toujours dans son entier, puisque l'on fait que la puissance est au poids dans la raison réciproque des perpendiculaires CG , & CL , abaissées sur les lignes de direction de la puissance & du poids, ainsi nommant la ligne CA , c ; le levier CG , a ; & la base CD , y ; l'on aura $bf, cy :: \frac{c}{2}, a$, qui donne $abf = \frac{cy}{2}$ ou bien $\frac{\sqrt{2abf}}{c} = y$. FIG. 9.

V. le C.
art. 772.

APPLICATION.

Pour avoir l'épaisseur CD , il faut multiplier la puissance I , par le levier CD , diviser le produit par la hauteur AC , de la muraille, doubler le quotient & en extraire la racine quarrée qui donnera ce que l'on cherche.

CHA-



CHAPITRE TROISIEME.

Où l'on détermine quelle épaisseur il faut donner au sommet des Murs qui sont élevés à plomb d'un côté & en talud de l'autre, pour que ces Murs puissent être en équilibre par leur résistance, avec la poussée qu'ils ont à soutenir.

IL y a apparence que dès les premiers tems que les Hommes se sont avisé de faire des revêtemens de Maçonnerie pour soutenir des Terrasses ou des Rempars de Fortification, ils ont senti la nécessité de leur donner du talud du côté du parement ; mais l'on ne fait pas bien s'ils ont eu dessein de donner plus d'affiète à la base du Mur, ou si c'étoit seulement pour que les matériaux se soutiennent mieux, à l'imitation de ce que l'on fait pour les ouvrages de Terrasse ; car il ne paroît pas que leur vûe ait été de rendre les revêtemens capables de résister davantage à la poussée des terres, du moins les Architectes tant anciens que modernes qui ont écrit n'en font pas mention ; & ce qui me feroit présumer qu'ils n'ont pas aperçu tout l'avantage des taluds, c'est qu'ils se sont contentés d'établir pour regle générale qu'il falloit donner aux Murs pour talud la cinquième partie de leur hauteur, & que dans bien des occasions où ils auroient pû en donner beaucoup plus pour ne point employer une quantité prodigieuse de matériaux superflus, ils ne l'ont pas fait ; au contraire souvent il leur est arrivé de donner du talud à des Murs qui n'en devoient point avoir, & d'élever à plomb des deux côtés ceux qu'un talud auroit rendu capables d'une force beaucoup plus grande, même avec moins de maçonnerie. Cependant il est si naturel d'apercevoir qu'un Mur qui a du talud résiste mieux qu'un autre qui n'en a point, que, malgré tout ce que je pourrois dire pour confirmer ma pensée, j'aime mieux croire qu'ils ont vû que le talud étoit nécessaire, mais qu'ils n'ont eû là-dessus que des sentimens obscurs, ce qui ne peut arriver autrement quand on ne considère pas les choses dans leur principe ; mais comme rien, en fait d'Architecture, ne me paroît plus nécessaire d'être bien entendu que ce qui vient de faire le sujet de cette petite Dissertation, je vais faire en sorte dans ce Chapitre d'en bien développer toutes les circonstances.

PROPOSITION

PROPOSITION PREMIERE.

PROBLEME.

19. *Ayant un profil de Muraille ABC, triangulaire dont le point d'appui est en C, & qu'une puissance pousse de K, en B, pour la renverser du côté opposé, on demande quelle épaisseur il faudra donner à la base AC, pour que le poids G, qu'on suppose équivalent à la superficie du triangle, soit en équilibre avec la puissance K.*

FIG. 15.

Pour bien entendre ce Problème, il faut considérer les côtés CB , & CE , de l'angle BCE , comme formant un levier recourbé dont le point d'appui est en C , que la puissance K , étant appliquée à l'extrémité B , du bras CB , pousse selon une direction parallèle à l'horison, & par conséquent oblique au bras de levier, & que le poids G , est appliqué à l'extrémité E , de l'autre bras CE , qui est terminé par la ligne de direction IL , tirée du centre de gravité I , du triangle. Or comme c'est la même chose que la puissance K , pousse de K , en B , ou qu'elle tire de B , en H , selon une direction toujours parallèle à l'horison, nous supposerons pour plus de facilité que le poids F , est équivalent à cette puissance, & abaissant la perpendiculaire CD , sur la ligne BH , la longueur du bras de levier oblique CB , par rapport à la puissance, sera réduite à la ligne CD , par l'article 18^e, & par-là la puissance K , ou F , pourra être admise dans son entier, en supposant qu'elle est appliquée à l'extrémité D , de la perpendiculaire CD , que nous regarderons présentement comme un des bras de levier. Si l'on nomme ce bras de levier, c ; aussi-bien que la hauteur BA , qui lui est égale, y , la base CA ; l'on aura $\frac{2y}{3}$ pour l'autre bras CE , (puisque par l'article 7^e la partie AE , est le tiers de toute la base AC ;) cela étant, le poids G , sera $\frac{yc}{2}$, ainsi l'on aura $bf, \frac{yc}{2} :: \frac{2y}{3}, c$, qui donne cette équation $\frac{2yc}{6} = bcf$, qu'on rendra plus simple en faisant la réduction, puisqu'on n'aura plus que $\frac{y}{3} = bf$, ou bien $y = \sqrt{3bf}$, qui fait voir qu'on trouvera la base AC , en triplant la puissance K , ou F , & en extrayant la racine quarrée de ce produit.

C

Remar-

Remarque premiere.

20. L'on doit remarquer ici que de toutes les figures que l'on peut donner à un profil de muraille qui a quelque poussée à soutenir, il n'y en a point où il faille moins de maçonnerie que dans celle qui est triangulaire, parce que le levier *CE*, gagne par sa longueur ce que le poids *G*, a de moins provenant d'un triangle, que s'il provenoit d'un parallelograme, ce que je vais démontrer.

FIG. 10. Ayant le parallelograme rectangle *AD*, dont la hauteur soit égale à celle du triangle précédent, & que la puissance qui pousse de *K*, en *C*, ou tire de *C*, en *G*, selon une direction parallèle à l'horison, agisse avec la même force que celle du triangle *ABC*, l'on fait que pour avoir l'épaisseur *BD*, il faut

* Art. 15. doubler la puissance *K*, & en extraire la racine quarrée, * puisqu'après avoir fait les opérations ordinaires, il vient pour dernière équation $\sqrt{2bf} = y$, & comme nous venons d'avoir $\sqrt{3bf} = y$ pour la base du triangle, l'on peut donc dire que la superficie du profil rectangle *AD*, sera à celle du profil triangulaire, comme $\sqrt{2bf}$ est à la moitié de $\sqrt{3bf}$, puisque ne prenant que la moitié de la base du triangle, l'on peut regarder cette moitié comme la base du rectangle égal au triangle, mais la moitié de $\sqrt{3bf}$ est beaucoup moindre que $\sqrt{2bf}$, & pour en être convaincu, il n'y a qu'à faire un triangle rectangle & isocèle *ABC*, & supposer que chaque quarré des côtés *BA*, & *BC*, est égal à *bf*, cela étant, l'hypoténuse *AC*, ou ce qui est la même chose, $\sqrt{2bf}$, pourra être regardée comme exprimant la base *BD*, du profil rectangle, & si l'on fait un autre triangle rectangle *ACD*, dont le côté *CD*, soit égal à *CB*, l'hypoténuse *AD*, exprimera la base *AC*, du profil triangulaire, & divisant cette hypoténuse en deux également au point *E*, sa moitié *AE*, sera la base du parallelograme égal au triangle, ainsi la superficie du profil rectangle surpassera autant celle du profil triangulaire, que la ligne *AC*, surpassé la moitié de la ligne *AD*, ce que l'on ne peut pas exprimer en nombre bien exactement à cause des incommensurables, cependant on peut dire que la maçonnerie du profil triangulaire est à celle du profil rectangle, à peu-près comme 11. à 18. ce qui fait voir qu'il y a plus d'un tiers moins dans le premier que dans le second.

Il ne faut pas trouver étrange qu'on suppose ici un profil triangulaire, nous savons bien qu'on ne fait pas de Mur qui soit terminé en

en arrête comme est celui-ci, c'est pourquoi on ne doit regarder cette proposition que comme pouvant servir à l'intelligence des autres.

Remarque seconde.

21. Selon la Remarque précédente, l'on voit combien il est de conséquence d'avoir égard à la longueur des leviers pour régler l'épaisseur des Murs qu'on veut mettre en équilibre avec l'effort qu'ils ont à soutenir, & que voici la seule voie par laquelle on peut connoître ce point d'équilibre. C'est à quoi *Mr. Bullet* & plusieurs autres n'ont fait aucune attention dans les règles qu'ils ont crû donner sur ce sujet, aussi sont-ils tombés dans des erreurs fort grossières.

PROPOSITION SECONDE.

PROBLÈME.

22: *Trouver l'épaisseur qu'il faut donner au sommet des Murs qui sont élevés à plomb d'un côté & qui ont un talud de l'autre, pour être en équilibre par leur résistance avec la force de la puissance qui voudroit les renverser.*

L'on donne, comme nous l'avons dit, pour talud aux Murs des Rempars ou des Terrasses, la cinquième partie de leur hauteur; c'est-à-dire, que suposant BG , de 30 pieds, les lignes BI , & GH , seront chacune de 6 pieds; ainsi quand on cherche quelle épaisseur il faut donner à ces sortes de Murs, l'on a toujours le triangle GBH , connu, & le Problème ne roule plus que sur l'épaisseur qu'il faut donner à la partie BD , ou FG , qui étant inconnue nous la nommerons y ; la hauteur BG , sera nommée c ; & la ligne de talud GH , d ; cela étant, l'on aura yc , pour la valeur du poids N , &

FIG. II.

$\frac{cd}{2}$ pour le poids M ; on peut donc dire que le poids N , est suspendu à l'extrémité L , du bras de levier HL , & le poids M , à l'extrémité P , du bras HP , qui est égal aux deux tiers de la base GH , du triangle par l'article 7^e. Or comme on ne se servira que du bras HL , il faut donc selon l'art. 11^e. réunir le poids M , au poids N , de manière qu'il ne pèse pas plus en L , qu'il fait en P , ainsi je multiplie le poids M , ($\frac{cd}{2}$) par son bras de levier HP , ($\frac{2d}{3}$)

C 2

pour

20 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

pour avoir le produit $\frac{2cdd}{6}$ ou bien $\frac{cdd}{3}$ qu'il faut diviser par le

bras HL , $(\frac{y+2d}{2})$ & le quotient $\frac{\frac{cdd}{3}}{\frac{y+2d}{2}}$ sera le poids M , appli-

qué au point L , lequel étant ajouté avec le poids N , donnera

$N + M$, $(cy + \frac{\frac{cdd}{3}}{\frac{y+2d}{2}})$ qu'on pourra si l'on veut confiderer

comme ne faisant que le seul poids O , qu'il faut supposer être en équilibre avec la puissance K , (bf) ainsi le produit de la puissance K , par la perpendiculaire HI , (c) qui est équivalente à son bras du levier par l'article 18^e. sera égal au produit du poids O , par son bras de levier HL , pour lors le premier produit donnera bcf , & le second $\frac{cy + 2cdy}{2} + \frac{cdd}{3}$, car il est à remarquer

qu'ayant $cy + \frac{\frac{cdd}{3}}{\frac{y+2d}{2}}$ à multiplier par $\frac{y+2d}{2}$, il n'y a que le pre-

mier terme cy , à multiplier effectivement; puisque pour le second $\frac{\frac{cdd}{3}}{\frac{y+2d}{2}}$ il suffit de supprimer tout-à-fait le diviseur $\frac{y+2d}{2}$ pour que

la grandeur $\frac{cdd}{3}$ soit multipliée par le bras de levier LH , car c'est multiplier une grandeur par son diviseur que de ne pas la diviser quand elle doit l'être.

Comme les deux produits précédens donnent cette équation $\frac{cyy + 2cdy + \frac{cdd}{3}}{2} = bcf$, il ne s'agit plus que d'en dégager l'inconnue

y , en faisant passer $\frac{cdd}{3}$ du premier membre dans le second, & effacer la lettre c , pour avoir $yy + 2dy = 2bf - \frac{2dd}{3}$, mais comme il

* V. le C.
art. 120.

manque dd , au premier membre pour faire un carré parfait, * je l'ajoute de part & d'autre, & il vient $yy + 2dy + dd = 2bf - \frac{2dd}{3} + dd$

ou bien $yy + 2dy + dd = 2bf + \frac{dd}{3}$, & extrayant la racine carrée de cha-

chaque membre l'on a $y + d = \sqrt{2bf + \frac{dd}{3}}$, ou enfin $y = \sqrt{2bf + \frac{dd}{3}} - d$.

A.P.L.I.C.A.T.I.O.N.

Suposant que la puissance K , de quelque part qu'elle puisse venir, soit exprimée par 52 pieds $\frac{1}{2}$, l'on aura par conséquent $bf = 52 \frac{1}{2}$. or comme la dernière équation que nous avons trouvée montre qu'il faut pour avoir l'épaisseur BD , doubler la valeur de la puissance qui donne 105. ajouter à cette quantité le tiers du quarré de la ligne de talud BI , ou GH , & cette ligne ayant été supposée 6 pieds, son quarré sera 36 dont le tiers est 12. qui étant ajouté avec 105, donne 117, dont il faut extraire la racine quarrée, que l'on trouvera de 10 pieds 9 pouces 8 lignes qui est l'épaisseur de la base FH , de laquelle retranchant la valeur de d , c'est-à-dire, la valeur de la ligne de talud, l'on aura 4 pieds 9 pouces 8 lignes, qui est l'épaisseur qu'il faut donner au sommet de la muraille pour être en équilibre par son poids avec la puissance K .

Cette proposition nous servira dans le quatrième Chapitre à trouver l'épaisseur qu'il faut donner au sommet des Murs des Rempars pour être en équilibre avec la poussée des Terres.

Remarque premiere.

23. Quand on a plusieurs poids apliqués à differens endroits d'un bras de levier, à mettre en équilibre avec une puissance, il n'est pas toujours nécessaire de réunir les poids ou de les supposer réunis en un seul, puisqu'il suffit de les multiplier chacun par le bras de levier qui lui répond, c'est-à-dire, par la distance qu'il y a du point d'appui aux endroits où ces poids sont apliqués, parce que la multiplication rétablit ce que la division peut ôter: ainsi dans le problème précédent, au lieu de multiplier le poids M , par son bras de levier HP , & diviser ensuite le produit par le bras HL , pour en réunir le quotient au poids L , il auroit suffi de multiplier le poids M , & N , chacun par leur bras de levier, c'est-à-dire par leur distance au point d'appui, puisque d'une façon comme de l'autre on aura toujours $\frac{my + 2cdy}{2} + \frac{cd^2}{3}$ pour l'un des membres de l'équation, dont l'autre sera, comme à l'ordinaire, le produit de la puissance agissante par le bras de levier qui lui répond; c'est pour-

C 3

quoi

22 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

quoit dans la suite on se passera autant qu'on le pourra de ces sortes de divisions pour rendre les opérations moins composées.

Remarque seconde.

24. On peut s'apercevoir ici combien le talud qu'on donne à l'une des faces d'un mur, changeroit la résistance de ce mur, si la puissance au lieu de tirer de B , en K , tiroit de \mathcal{D} , en A , pour cela il faut chercher le centre commun de gravité des poids M , & N , qui sera dans un des points du levier LP , aux extrémités duquel ces poids sont suspendus, que l'on apercevra en divisant la ligne LP , au point R , de façon que LR , soit à RP , comme le poids M , est au poids N , mais ces deux poids sont l'un à l'autre comme la moitié de GH , est à toute la ligne GF , or considérant ces deux poids M , & N , comme étant réunis dans le seul poids \mathcal{Q} , l'on aura le bras de levier RH , quand il s'agira du point d'appui H , & le bras de levier FR , quand le point d'appui sera supposé en F , & si l'on fait attention que le bras de levier DF , a la même longueur que IH , & que le poids \mathcal{Q} , ne change point de situation, l'on verra que la puissance qui tire de B , en I , est à celle qui tire de \mathcal{D} , en A , comme le bras HR , est au bras FR .

Remarque troisième.

FIG. 12.
& 13.

Il y a encore une Remarque à faire, qui est, qu'ayant deux murs AD , & FI , de même hauteur, le premier élevé à plomb des deux côtés, & le second avec un talud égal de chaque côté, ce dernier quoiqu'égal au précédent en solidité, résistera beaucoup plus que l'autre à l'effort d'une puissance qui voudroit le renverser à droite ou à gauche, car supposant que l'épaisseur du sommet FG , ne soit que les deux tiers de celle du sommet AB , mais qu'en récompense, la base HI , soit plus grande que CD , du tiers de la même CD , les poids M , & N , qui exprimeront les superficies AD , & FI , seront égaux, & comme les bras de levier DB , & IL , sont aussi égaux, les puissances P , & \mathcal{Q} , seront donc dans la raison des bras de levier LK , & DE , ainsi la puissance P , ne sera que les trois quarts de la puissance \mathcal{Q} , par la même raison si l'épaisseur FG , n'étoit que la moitié de AB , la puissance P , ne seroit que les deux tiers de la puissance \mathcal{Q} , ce qui prouve bien la nécessité de donner du talud aux murs.

PROPO-

PROPOSITION TROISIEME.

PROBLEME.

25. *Voulant élever un Mur dont l'épaisseur BC, au sommet soit donnée, aussi-bien que sa hauteur BA; on demande quelle doit être la ligne de talud DE, pour que ce Mur étant poussé de M, en B, ou tiré de C, en K, par une puissance, le Mur ABCD, soit en équilibre avec cette puissance.*

Ayant nommé BC , ou AD , a ; la hauteur CD , c ; la ligne de talud DE , y ; la superficie du rectangle $ABCE$, sera ac , qu'on pourra confiderer comme la valeur du poids H , suspendu au point F , milieu de la ligne AD , le triangle DCE , sera $\frac{cy}{2}$ qu'on pourra aussi confiderer comme exprimant la valeur du poids I , suspendu au point G , qui est au deux tiers de la ligne DE ; or si l'on multiplie chacun de ces poids par leur bras de levier, ou par leur distance au point d'appui, * & qu'on ajoute ces deux produits * Art. 23. ensemble, l'on aura $\frac{aac + 2acy}{2} + \frac{cy}{3}$ qui est une quantité égale au produit de la puissance ϕf , par son bras de levier EL , ce qui donne cette équation $\frac{aac + 2acy}{2} + \frac{cy}{3} = bcf$, ou bien $yy + 3ay = 3bf - \frac{3aa}{2}$ or pour dégager l'inconnue y , il faut ajouter à chaque membre de cette équation le quarré de la moitié du coefficient du second terme, c'est-à-dire le quarré de $\frac{3a}{2}$ qui est $\frac{9aa}{4}$ & pour lors l'on aura $yy + 3ay + \frac{9aa}{4} = 3bf - \frac{3aa}{2} + \frac{9aa}{4}$ dont le premier membre est un quarré parfait, ainsi extrayant la racine quarrée de cette équation, l'on aura $y + \frac{3a}{2} = \sqrt{3bf - \frac{3aa}{2} + \frac{9aa}{4}}$ ou bien $y = \sqrt{3bf - \frac{3aa}{2} + \frac{9aa}{4}} - \frac{3a}{2}$, mais comme on peut réduire $\frac{3aa}{2} + \frac{9aa}{4}$ en leur donnant un dénominateur commun, l'on aura $+\frac{3aa}{4}$ par conséquent l'équation précédente sera

FIG. 17.

* Art. 23.

$y = \sqrt{3bf + \frac{3aa}{4}} - \frac{3a}{2}$ qui donne l'expression la plus simple qu'on puisse avoir de la valeur de la ligne *DE*.

A P P L I C A T I O N.

Comme je n'ai voulu obmettre aucun des principaux cas qui peuvent se rencontrer dans la construction des Ouvrages de Maçonnerie, j'ai supposé ici qu'il s'agissoit de construire un Mur dont l'épaisseur au sommet devoit être déterminée pour des raisons qui obligeroient d'en user ainsi, & que ce Mur ayant à soutenir l'effort d'une puissance devoit avoir nécessairement un certain talud pour que la longueur du levier qui répond à la base étant augmentée, suppléât au deffaut d'épaisseur qu'on auroit donnée au sommet, parce qu'il faut s'imaginer que si le Mur avoit été fait à plomb des deux côtés, l'épaisseur qu'on veut lui donner ne suffiroit point pour résister à l'effort de la puissance, par conséquent le Problème se réduit à trouver la ligne de talud *DE*. Or comme

l'équation $y = \sqrt{3bf + \frac{3aa}{4}} - \frac{3a}{2}$ vient de nous la donner, il ne s'agit plus que d'avoir des nombres qui expriment les lettres du second membre; c'est pourquoi nous supposerons que la puissance *bf*, vaut 50 pieds quarrés, & que *a*, c'est-à-dire la ligne *AD*, ou *BC*, est de 4 pieds, ainsi comme il n'y a que ces deux grandeurs qui se trouvent dans l'équation, il nous reste à les joindre ensemble de la façon qu'elles y sont, c'est-à-dire qu'au lieu de *bf*, l'on aura 150, qu'au lieu de $\frac{3aa}{4}$ l'on aura $\frac{48}{4}$ ou bien 12 qui est la même chose, ainsi joignant 150 avec 12, l'on aura 162 dont il faut extraire la racine quarrée que l'on trouvera de 12 pieds 8 pouces 9 lignes. Mais l'équation nous montre que de cette racine il en faut soustraire $\frac{3a}{2}$ ou bien 12 divisé par 2 qui est 6, & que la difference sera la valeur de *y*, retranchant donc 6 de la racine précédente, il restera 6 pieds 8 pouces 9 lignes pour la ligne de talud *DE*, que l'on cherche.

PROPOSITION

PROPOSITION QUATRIEME.

PROBLEME.

26. *Ayant le profil ABCD, d'un Mur élevé à plomb des deux côtés, & dont l'épaisseur BC, est tellement proportionnée à la hauteur CD, que ce Mur soit en équilibre par son poids avec la puissance P, qui tire de C, en E, on demande de changer ce profil-là en un autre IGHL, qui lui soit égal en superficie, & en hauteur, & dont le côté GI, soit perpendiculaire, pour que ce second soit en équilibre par sa résistance à une puissance Q, dont la force seroit double de la puissance P.*

FIG. 18.
& 19.

Pour cela nous nommerons BC , a ; CD , de même que GI , c ; GH , ou IK , x ; KL , y ; la puissance P , sera bf , comme à l'ordinaire, & la puissance Q , $2bf$; cela posé, la superficie du rectangle $IGHK$, ou si l'on veut le poids N , sera xc , & celle du triangle KHL , ou le poids S , sera $\frac{yc}{2}$, & ces deux poids étant multipliés par leur bras de levier *, réunissant leur produit, on aura une quantité égale au produit de la puissance par son bras de levier, c'est-à-dire $\frac{xc + 2yc}{2} + \frac{yy}{3} = 2bfc$, ou divisant tous les termes par c , l'on aura $\frac{xx + 2yx}{2} + \frac{yy}{3} = 2bf$; mais comme le rectangle BD , (ac) est supposé égal au Trapezoïde $IGHL$, il viendra encore cette équation $ac = cx + \frac{cy}{2}$, d'où dégagant l'inconnue y , l'on aura $y = 2a - 2x$, & substituant la valeur de y , dans l'équation $\frac{xx + 2yx}{2} + \frac{yy}{3} = 2bf$, cela donne $\frac{xx}{2} + 2ax - 2xx + \frac{4aa - 8ax + 4xx}{3} = 2bf$, qui, étant réduite, donne $\frac{4aa - 2ax - xx}{2} = 6bf$, ou bien $\frac{xx}{2} + 2ax = 4aa - 6bf$, & faisant évanouir la fraction l'on a $xx + 4ax = 8aa - 12bf$, à quoi ajoutant $4aa$ de part & d'autre pour rendre le premier membre un carré parfait, il viendra $xx + 4ax + 4aa = 12aa - 12bf$, d'où l'on tire $x = \sqrt{12aa - 12bf} - 2a$, après avoir extrait la racine quarrée.

* Art. 23.

D

APLI.

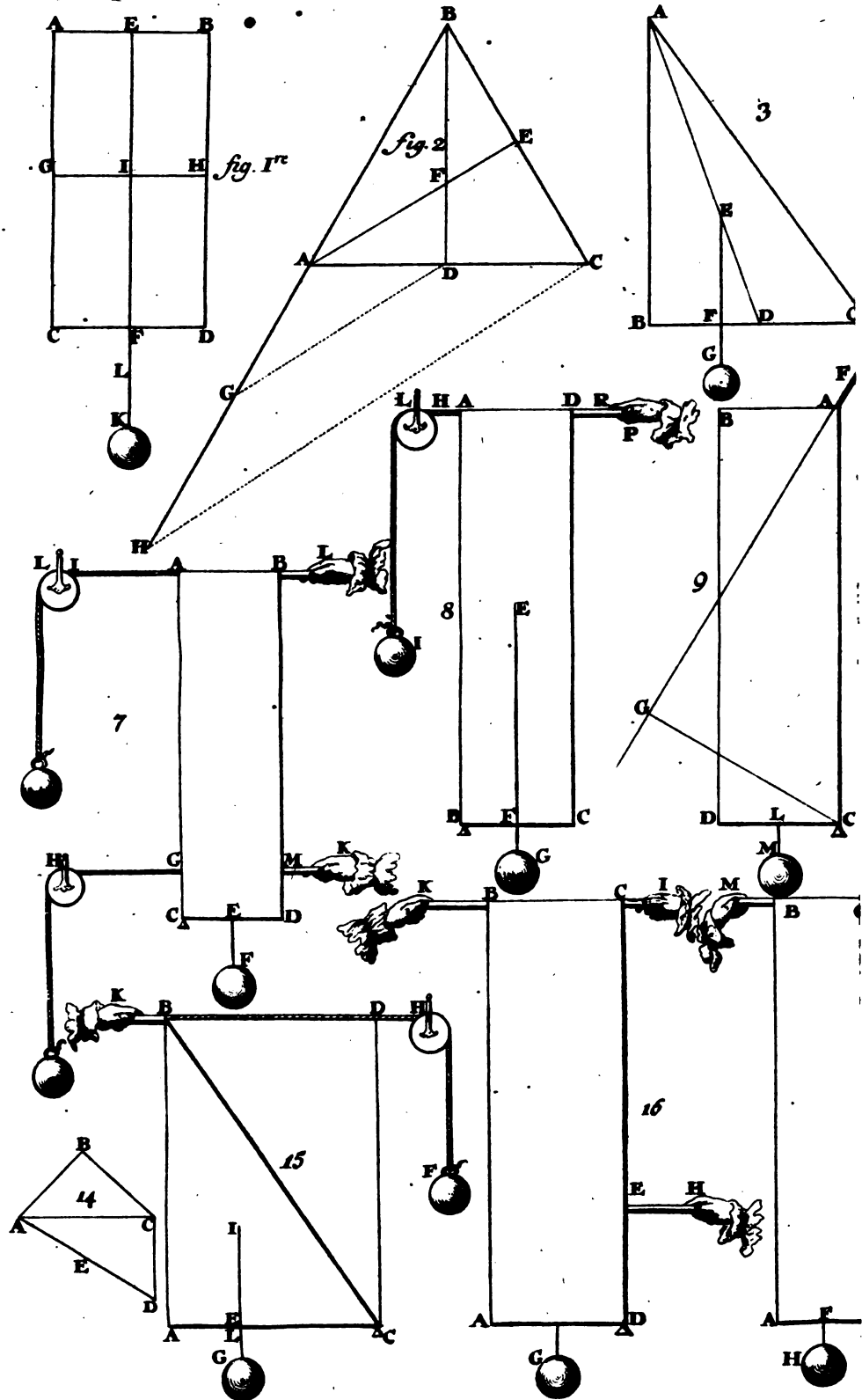
APPLICATION.

* Art. L'on fait que la puissance P , étant en équilibre avec le poids O ; l'on a $a \approx \sqrt{2bf}$, ainsi suposant $bf \approx 72$, il vient $12 \approx \sqrt{2bf}$, par conséquent l'épaisseur BC , sera de 12 pieds, quant à la hauteur CD , nous la suposerons de 30, quoiqu'on puisse s'en passer ici; présentement pour connoître la valeur de x , j'entend l'épaisseur GH , il ne faut que suivre ce qui est indiqué dans l'équation dernière, c'est-à-dire, ôter de $12aa$, qui valent 1728, $12bf$, qui est 864 & extraire la racine quarrée de la difference pour avoir 29 pieds 4 pouces 8 lignes, d'où soustrayant la valeur de $2a$, qui est 24 pieds, l'on aura 5 pieds 4 pouces 8 lignes pour la valeur de x , ou l'épaisseur GH , par le moyen de laquelle il sera facile d'avoir la ligne KL , ou y , que l'on trouvera de 13 pieds 2 pouces 8 lignes, à quoi ajoutant la valeur de x , il viendra 18 pieds 7 pouces 4 lignes pour la base IL , du Mur: or comme le rectangle AC , ayant 12 pieds de base sur 30 de hauteur vaut 360 pieds de superficie, & que celle du Trapezoïde $IGHL$, en vaut autant (comme il est aisé de s'en convaincre si l'on en fait le calcul) il s'ensuit donc qu'on a satisfait exactement aux conditions du Problème.

Remarque.

27. L'on pourroit encore rendre le second profil capable de soutenir l'effort d'une puissance plus grande que $2bf$, car moins le sommet du revêtement aura d'épaisseur, & plus la ligne de talud augmentera la longueur du bras de levier ML , par conséquent la résistance du Mur, & cette augmentation pourra toujours aller en croissant tant que le point H , soit confondu avec le point G , c'est-à-dire que la ligne GH , soit réduite à zero; parce qu'alors le profil deviendra un triangle rectangle, qui est la figure capable de soutenir la plus grande puissance qu'il est possible, comme on l'a vû dans l'article 20^e, & je trouve ici que si le premier profil étoit changé en triangle, au lieu de soutenir en équilibre une puissance de 72 pieds, il en soutiendrait une de $145 \frac{1}{3}$.

PRO.



PROPOSITION CINQUIE'ME.

P R O B L E M E.

28. *Ayant comme dans le Problème précédent un profil rectangulaire AC, en équilibre par son poids avec une puissance P, on demande un autre profil GHK, qui ait la même hauteur, que le précédent, mais dont la superficie n'en soit que les trois quarts, avec cette condition que le Mur GHK, soit encore en équilibre par sa résistance à l'effort de la puissance P, qu'en suppose agir toujours avec la même force.* FIG. 18.
& 20.

Nommant les lignes *BA*, ou *HG*, *c*; *AD*, *a*; *HI*, ou *GL*, *x*; *LK*, *y*; l'on aura *ac*, pour le rectangle *BD*, *cx*, pour le rectangle *HL*, ou si l'on veut pour le poids *Q*, & $\frac{cy}{2}$ pour le triangle *ILK*, qui est la même chose que le poids *P*; or comme le Trapeze *GHK*, ne doit être que les trois quarts du rectangle *BD*, l'on aura donc $\frac{3ac}{4} = cx + \frac{cy}{2}$, & si l'on réunit le poids *Q*, avec le poids *P*, après les avoir multipliés par leur bras de leviers, l'on aura une quantité égale au produit de la puissance *P*, qui est toujours *bf*, par le bras de levier *KR*, ce qui donne cette seconde équation $\frac{xxc}{2} + xyc + \frac{yy}{3} = bcf$, ou en effaçant de tous les termes la lettre *c*, $\frac{xx}{2} + xy + \frac{yy}{3} = bf$, mais si dans la première équation $\frac{3ac}{4} = cx + \frac{yc}{2}$ l'on dégager *y*, l'on aura $\frac{ba}{4} - 2x = y$, & supposant $\frac{6a}{4} = n$, pour plus de facilité, l'on aura $n - 2x = y$. Si présentement l'on substitue la valeur de *y*, dans l'équation $\frac{xx}{2} + xy + \frac{yy}{3} = bf$, elle sera changée en celle-cy $\frac{xx}{2} + nx - 2xx + \frac{nn - 4nx + 4xn}{3} = bf$, d'où faisant évanouir la fraction l'on a $3xx + 6nx - 12xx + 2nn - 8nx + 8xx = 6fb$, qui étant réduite donne $2nn - xx - 2nx = 6bf$, ou bien $2nn - 6bf = xx + 2nx$; or

D 2 si à

18 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

si à cette équation l'on ajoute nn de part & d'autre, l'on aura $3nn - 6bf = xx + 2nx + nn$, dont extrayant la racine quarrée & dégageant l'inconnuë, il vient enfin $\sqrt{3nn - 6bf} - n = x$, qui donne la valeur de l'épaisseur *HI*.

Pour avoir l'autre inconnuë y , nous suposerons $\sqrt{3nn - 6bf} - n = d$, pour lors l'on aura $2d = 2x$, & mettant la valeur de $2x$, dans l'équation, $n - 2x = y$, l'on aura $n - 2d = y$.

A P P L I C A T I O N.

FIG. 18.
& 20.

Comme nous avons supposé $\frac{6a}{4} = n$, & que a , vaut 12 pieds de même que dans le Problème précédent, n , fera donc de 18, par conséquent $3nn$, vaudront 972 pieds. Or comme bf , vaut encore 72, si l'on soustrait $6bf$, c'est-à-dire sa valeur qui est 432 du nombre précédent, l'on aura 405 pour la difference, dont extrayant la racine quarrée, on la trouvera de 23 pieds 3 pouces, de laquelle ôtant la valeur de n , qui est 18, l'on verra que l'épaisseur *HI*, doit être de 5 pieds 3 pouces, & que par conséquent la ligne de talud *LK*, c'est-à-dire, y , vaut 7 pieds 6 pouces, à laquelle ajoutant *GL*, je veux dire, 5 pieds 3 pouces, l'on aura 12 pieds 9 pouces pour toute la base *GK*; ce qui est bien évident puisqu'un Trapezoïde qui auroit 30 pieds de hauteur, & pour côtés parallèles une ligne de 5 pieds 3 pouces & une autre de 12 pieds 9 pouces, vaudra 270 pieds de superficie qui est justement les trois quarts du rectangle *BD*, qui en doit valoir 360.

Remarque.

29. L'on pourroit, si l'on vouloit, diminuer encore la Maçonnerie du Problème précédent, en ne suposant la superficie du second profil, que des deux tiers de celle du premier, & pour lors l'on trouvera que x , ou si l'on veut, le sommet du Mur, ne doit avoir que 2 pieds d'épaisseur; mais comme il y a des cas où cette épaisseur ne suffiroit pas pour des murs qui ont à soutenir certaine poussée, on sera le maître de ne diminuer le Mur que d'un quart ou d'un cinquième, plus ou moins, selon les occasions; tout ce que l'on doit remarquer, c'est que si la diminution qu'on voudroit faire étoit trop grande, on s'en apercevrait en donnant aux termes du premier membre de l'équation $\sqrt{3nn - 6bf} - n = x$, la valeur en nombre des lettres qui le composent, car si l'on trouve, par exem-

exemple, que $3nn$, soient moindres que $6bf$, c'est une marque que ce Problème est impossible; que si l'on trouve $\sqrt{3nn - 6bf} = n$, c'est un signe que x , est égal à zero, c'est-à-dire que le sommet du Mur sera la pointe d'un triangle dont l'épaisseur sera zero.

CHAPITRE QUATRIÈME.

De la maniere de calculer la poussée des Terres que soutiennent le revêtemens des Terrasses & des Rempars, afin de savoir l'épaisseur qu'il faut leur donner.

PRINCIPE TIRE DE LA ME'CANIQUE.

30. **S** I l'on a un poids H , sur un plan incliné AC , & une puissance K , qui soutienne ce poids selon une direction EK , paralelle à l'horison, il est démontré dans la Mécanique que la puissance K , est au poids comme la hauteur AB , du plan incliné est à la longueur BC , de la base, or si l'on suppose que la hauteur AB , soit égale à la base BC , c'est-à-dire que la ligne AC , soit la diagonale d'un quarré, la puissance sera égale au poids, mais comme c'est la même chose que la puissance tire de E , en K , ou soit appliquée au poids même, comme est la puissance P , qui pousse par une direction diamétrale EG , paralelle à l'horison, on peut donc dire que la puissance P , a besoin d'une force égale au poids pour le soutenir en équilibre.

PLANCH.
2.
FIG. 1.
V. le C.
art. 781.
& 786.

Principe d'Experience.

31. C'est une chose démontrée par l'experience, que les Terres ordinaires, quand elles sont nouvellement remuées & mises les unes sur les autres sans être battues ni entre-lassées par aucun facinage, prennent d'elles-mêmes une pente ou talud, qui fait avec l'horison un angle de 45 degrés, ou qui suit la diagonale d'un quarré: je dis que cela arrive aux Terres ordinaires; car nous n'ignorons pas que si elles étoient sablonneuses, elles ne fassent un angle plus aigu, & qu'au contraire si elles étoient grasses & fortes elles n'en fassent un plus ouvert, mais pour tableur sur quelque chose de fixe, nous avons supposé une terre qui tiendrait un milieu entre ces deux-ci.

D 3

Pré-

FIG. 2.

Prévenus de cela, imaginons que contre une Muraille A , on ait ramassé des Terres soutenues de l'autre côté par une surface DE , qu'une puissance Q , qui la maintient peut ôter librement ; ces Terres étant renfermées dans l'espace $BCDE$, comme dans une caisse, dont le profil CD , seroit un quarré, il est constant que si l'on ôtoit la surface DE , pour laisser aux Terres la liberté d'agir, qu'il s'en ébouleroit une partie, & qu'il ne resteroit que celles du triangle CBE , & que par conséquent la puissance Q , soutient toute la poussée des Terres du triangle BDE , je veux dire l'effort qu'elles font pour rouler le long du Plan incliné BE , il s'ensuit donc que la puissance Q , auroit besoin d'une force exprimée par le triangle BDE , si effectivement les Terres s'ébouloient avec autant de facilité qu'un corps Spherique roule sur un Plan incliné bien poli, mais comme leur tenacité fait que leurs parties ne peuvent se détacher pour s'ébouler, sans rencontrer beaucoup d'obstacles, il est certain, comme l'expérience le fait voir, qu'elles ne font pas seulement la moitié de l'effort contre la surface DE , qu'elles feroient si elles étoient ramassées dans un corps Spherique, ainsi on peut donc considérer la puissance Q , comme équivalente à un Plan qui seroit exprimé par la moitié du triangle BDE , pour être en équilibre avec la poussée des Terres, ce qui convient d'autant mieux avec la pratique qu'on ne les employe jamais pour élever des Rempars, des Terrasses, des Chaussées, &c. qu'elles ne soient bien battues, & qu'on n'en ait pour ainsi dire augmenté la tenacité.

Comme c'est sur ce principe que nous agirons dans la suite, on remarquera que si l'on suppose les lignes BD , & DE , chacune de deux pieds, la superficie du triangle sera de deux pieds quarrés, & la puissance Q , n'en soutenant que la moitié, on peut dire que la force de cette puissance dans l'état d'équilibre, sera exprimée par un pied quarré.

PROPOSITION PREMIERE.

PROBLÈME

32. *Qui enseigne comme il faut calculer la poussée des Terres pour proportionner l'épaisseur des Murs qui les doivent soutenir en équilibre.*

FIG. 3.

Pour savoir quel effort font les Terres derrière le revêtement $BCDE$, je prend la ligne AB , égale à BD , pour avoir le triangle rectan-

rectangle & isocèle ABD , qui comprend toutes les Terres qui poussent, puisque par l'Article 31. celles qui sont sous la ligne AD , se soutiennent par elles-mêmes, l'angle ADX , étant de 45 degrés; mais comme ces Terres agissant avec plus ou moins de force selon qu'elles sont plus ou moins éloignées du sommet B , il faut faire en sorte de rapporter toute la poussée au point B ; pour cela je divise la hauteur BD , en un grand nombre de parties égales, par exemple, en autant de parties qu'elle contient de pieds, ainsi supposant qu'il soit question d'un revêtement de 15 pieds de hauteur, on aura 15 parties égales, & si par chaque point de division l'on mène à la ligne DA , les parallèles HG, NM, PO, RQ , &c. l'on aura d'abord un petit triangle HGB , ensuite une quantité de Trapezes qui vont toujours en augmentant, & qu'on doit considérer comme autant de puissances qui poussent le mur; or pour savoir la poussée de chacun, commençons par le triangle HGB , qu'on peut regarder selon l'Article 31. comme un corps posé sur le Plan incliné LGH , qui agit contre la surface BH , pour la renverser, si l'on nomme b , l'effort que fait le triangle contre la surface, on pourra, connoissant la poussée du triangle, connoître aussi celle de tous les Trapezes qui sont immédiatement après, car comme la Trapeze GN , est triple du triangle HGB , son effort contre la surface HN , sera 3 b , & la poussée de tous les autres Trapezes suivans pourra être exprimée par les différences des carrés des termes d'une progression Arithmétique, ce qui donne cette progression $b. 3 b. 5 b. 7 b. 9 b. 11 b. 13 b. 15 b. 17 b. 19 b. 21 b. 23 b. 25 b. 27 b. 29 b.$ Or si l'on suppose que l'action du triangle HGB , au lieu d'agir le long de la surface BH , soit réunie au point B , que l'action du Trapeze GN , soit réunie au point H , & qu'il en soit de même pour l'action de tous les autres Trapezes réunie aux points N, P, R , & on pourra concevoir qu'une puissance exprimée par b , agit à l'extrémité B , du bras de levier BD , qu'une autre exprimée par 3 b , agit à l'extrémité H , du bras de levier DH , & qu'en étant de même pour tous les autres Trapezes ou puissances, il y aura autant de leviers que de puissances, & ces leviers seront dans une progression Arithmétique des nombres naturels, dont le premier terme sera le levier BD , & le plus petit le levier DK , de sorte que la progression des leviers ira en diminuant tandis que celle des puissances ira en augmentant; car si l'on range ces deux progressions l'une sur l'autre de maniere que chaque puissance réponde à son levier, l'on aura

$b. 3 b. 5 b. 7 b. 9 b. 11 b. 13 b. 15 b. 17 b. 19 b. 21 b. 23 b. 25 b. 27 b. 29 b.$	$15. 14. 13. 12. 11. 10. 9. 8. 7. 6. 5. 4. 3. 2. 1.$
--	--

Mais

Mais l'on fait que les effets de plusieurs puissances appliquées à des leviers, sont dans la raison composée de leur force & de la longueur de leur leviers; c'est pourquoi, afin d'avoir l'effort dont chaque puissance est capable, il faudra la multiplier par son bras de levier, & la somme de tous les produits sera égale à l'effort total de toutes les puissances appliquées à leur bras de leviers; mais comme chaque puissance pourra être transportée à l'extrémité *B*, du bras *DB*, (en divisant selon l'Article 11. le produit de sa force & de son levier par toute la longueur *BB*,) on n'aura donc qu'à diviser les produits dont nous venons de parler, par le diviseur

commun 15 pour avoir $\frac{1240b}{15} = 82b \frac{2}{3}$ de sorte que si l'on su-

pose $82 \frac{2}{3} = f$, l'on aura *bf*, pour l'effort de toutes les puissances réunies au point *B*.

Voulant savoir présentement ce que *bf*, vaut en pieds quarrés, il faut se rapeller que *b*, a été supposé égal à la poussée du triangle *HGB*, contre la surface *BH*. Or comme les côtés *BG*, & *BH*, de ce triangle sont chacun d'un pied, sa superficie sera de 6 pouces & la surface *BH*, n'en soutenant que la moitié par l'Article 31, à cause de la tenacité des Terres; *b*, sera donc de 3 pouces de pieds quarrés, ainsi multipliant 3 pouces par 82 pieds 8 pouces, le produit sera 20 pieds 8 pouces pour la valeur de *bf*.

Il est bon que je m'arrête ici un moment, afin d'expliquer pourquoi la tenacité des terres diminue leur poussée de la moitié de l'effort qu'elles feroient derriere le revêtement, si, au lieu d'agir comme elles font, elles agissoient comme un corps Spherique qui seroit sur le Plan incliné *AD*, ou comme un coin *ABD*, dont toutes les parties seroient parfaitement unies.

Remarquez que le triangle *GBH*, s'appuyant sur le Trapeze *MGHN*, les terres de ce Trapeze sont plus pressées que celles du triangle, de même les Terres du Trapeze *OMNP*, sont aussi plus pressées que celles qui sont dans celui de dessus, les Terres du Trapeze *QOPR*, plus pressées encore que celles du précédent, ainsi des autres Trapezes, qui seront toujours plus pressées, à mesure qu'ils approcheront du Plan incliné *AD*: & comme tous ces Trapezes depuis le plus petit jusqu'au plus grand se surpassent également, on peut donc dire que leur pression ou leur tenacité augmente dans la raison des termes d'une progression Arithmétique, & que la tenacité qui est répandue dans tout le triangle *ABD*, n'est que la moitié de ce qu'elle seroit, si se trouvant uniforme dans chaque

chaque Trapeze, elle étoit égale à celle du dernier. Or comme la poussée des Trapezes derriere le revêtement CD , doit diminuer dans la même raison que leur tenacité augmente, il m'a parû que pour y avoir égard, il falloit ne prendre que la moitié de la superficie du petit triangle GBH , pour la valeur de la puissance b , ce que j'ai fait avec d'autant plus d'assurance, que je me suis aperçû que tous les calculs que j'ai faits pour trouver l'épaisseur des revêtemens se rencontroient parfaitement bien avec ce que l'expérience a pû autoriser: ainsi je finis cette Digression, pour reprendre la suite de l'Article précédent.

Mais comme les pieds quarrés que nous venons de trouver ne sont point homogènes, avec ceux qui doivent exprimer la valeur du poids T , les uns provenans du triangle de Terre ABD , & les autres du profil de Maçonnerie CD , il faut donc en suivant ce qui a été dit dans l'Article 5. faire une réduction dans les premiers, c'est-à-dire prendre les deux tiers de 20 pieds 8 pouces, parce qu'un pied cube de Terre pèse moins d'un tiers qu'un pied cube de Maçonnerie, & pour lors bf , ou la puissance ne vaudra que 13 pieds 9 pouces 4 lignes.

Presentement que l'on est prévenu de la valeur de la puissance il ne s'agit plus que de chercher, comme on l'a fait dans le Chapitre précédent, quelle épaisseur il faut donner au sommet BC , & à la base DF , du revêtement, pour qu'elle soit en équilibre par son poids avec cette puissance, ou si l'on veut avec la poussée des Terres; pour cela nous suposerons que la puissance, au lieu de pousser de M , en B , tire de B , en T , ce qui est la même chose, & menant du point d'appui F , la perpendiculaire FS , sur la direction BT , on prendra cette perpendiculaire à la place du bras de levier FB , & c'est par cette même raison que nous avons regardé ci-devant la ligne BD , comme un bras de levier, dans la longueur duquel étoit appliqué un nombre de puissances, parce que cette ligne est égale à la perpendiculaire FS , & que par conséquent on peut prendre l'un pour l'autre, nous aurons donc le levier recourbé SFZ : ainsi nommant SF , ou CE , c ; EF , d ; l'épaisseur BC ,

ou DE , y ; le poids V , fera $\frac{cd}{2}$ & le poids T , fera cy , si l'on réunit le poids V , au poids T , & qu'on multiplie leur somme par le bras de levier ZF , on aura un produit égal à celui de la puissance T , par son bras de levier SF , avec lequel on formera cette équation $\frac{cyy}{2} + cdy + \frac{cdd}{3} = bcf$, de laquelle dégageant l'incon-

E

nuë

nuë il viendra $y = \sqrt{2bf + \frac{cd^2}{3}} - d$, qui donne ce que l'on cherche.

J'ay abrégé les opérations qu'il a falu faire pour trouver la valeur de y , parce qu'elles ont été expliquées amplement dans l'Article 22 : j'en uferai ainsi dans la suite, quand il s'agira de la même formule.

A P P L I C A T I O N.

Il est bien aisé à present de mettre en pratique ce que le Problème précédent vient de nous enseigner, car la dernière équation nous montrant que pour avoir la valeur de y , il faut doubler celle de la puissance X , ajouter le tiers du quarré de la ligne de talud, extraire la racine quarrée de la somme de cette quantité, & en retrancher la ligne de talud, ayant trouvé que bf , vaut 13 pieds 9 pouces 4 lignes, $2bf$, vaudront 27 pieds 6 pouces 8 lignes, & comme la ligne de talud EF , est de 3 pieds, qui est la cinquième partie de la hauteur EC , ajoutant donc à la valeur de $2bf$, 3, qui est égal à $\frac{dd}{3}$ l'on aura 30 pieds 6 pouces 8 lignes, dont la racine quarrée est 5 pieds 6 pouces 2 lignes, qui est l'épaisseur qu'il faut donner à la base DF , du revêtement; par conséquent si l'on en retranche la valeur de la ligne de talud qui est 3 pieds, il restera 2 pieds 6 pouces 2 lignes pour l'épaisseur du sommet BC .

En suivant la même règle, on trouvera qu'un revêtement de 20 pieds de hauteur doit avoir au sommet 3 pieds 3 pouces 5 lignes, & sur la retraite 7 pieds 3 pouces 5 lignes, qu'un autre de 30 pieds doit avoir pour épaisseur au sommet 4 pieds 9 pouces 8 lignes, & sur la retraite 10 pieds 9 pouces 8 lignes.

Remarque première.

33. On voit que la valeur de y , est un tant soit peu plus grande qu'elle ne devoit être naturellement, car quand nous avons supposé que l'effort du triangle HGB , étoit réuni au point B , l'on a donné un peu plus de force à ce triangle qu'il ne devoit en avoir, parce qu'agissant le long de la ligne BH , son action diminuë à mesure qu'elle approche du point H , le bras de levier n'étant plus si grand, c'est-à-dire, par exemple, que le triangle ne faisant point autant d'effort au point I , qu'au point B , à cause que le bras de levier ID , est plus petit que BD , on a augmenté la force qui agit au point

point I , en la supofant en B , de la difference qu'il y a du bras ID , au bras BD , ainfi de tous les autres points de la ligne BH , & comme nous avons agi de même pour les Trapezes qui font après le triangle, en supofant leur effort réuni aux points HN , &c, l'on voit que toutes les differences des bras de leviers jointes enfemble donnent un peu plus de force à la puiſſance qu'elle ne devoit avoir, mais ceci n'eſt pas un deffaut, car la puiſſance étant un peu au-deſſus de ce qu'elle doit être, il faudra donner au revêtement un peu plus d'épaiſſeur qu'il n'en faudroit pour un parfait équilibre, & c'eſt ce qu'il faut abſolument puiſque quand même l'on auroit trouvé dans la dernière juſteſſe ce point d'équilibre, il faudroit toujours donner plus d'avantage à la puiſſance reſiſtante qu'à celle qui agit, ainſi le calcul précédent eſt fort bon dans la pratique, cependant cela n'empêche pas que l'on ne puiſſe quand on voudra trouver la valeur de y , la plus aprochante qu'il eſt poſſible, en diviſant la hauteur du Mur en un ſi grand nombre de parties que la difference des bras de leviers ſoit fort petite; on en fera quitte pour faire un calcul beaucoup plus long que le précédent, mais ce ſeroit s'arrêter à la vetille que d'y prendre garde de ſi près. Ainſi on ne peut mieux faire que de donner toujours aux progreſſions des puiſſances & des leviers, autant de termes qu'il y a de pieds dans la hauteur du Mur.

Remarque ſeconde.

34. Je n'ai fait la Remarque précédente, que pour ſatisfaire la délicateſſe de ceux qui aiment que tout ce qui ſe raporte aux Mathématiques ſoit toujours dans la dernière juſteſſe, mais ſi l'on fait attention que quand il s'agit de choſes de pratique il faut quelquefois s'écarter d'une trop grande précision, crainte qu'elle ne devienne nuifible à ce que l'on veut executer, l'on verra que dans le ſujet dont il eſt ici queſtion, on auroit tort de faire des revêtements qui fuſſent parfaitement en équilibre avec la pouſſée des Terres, ſur-tout quand ils ſervent pour des Chauffées, des Quays, &c. puiſque dans ce cas ils doivent non-ſeulement ſoutenir les Terres, mais encore le poids des Voitures & l'ébranlement qu'elles peuvent cauſer; c'eſt pourquoi quand on n'y fera pas des contreforts, je voudrois qu'on leur donnât un quart plus de force qu'il ne leur en faudroit dans l'état d'équilibre, je veux dire que ſ'il s'agiſſoit, par exemple, d'un Mur de 15 pieds, la puiſſance bf , au lieu de valoir 13 pieds 9 pouces 4 lignes, doit être de 17 pieds

E 2

2 pou-

2 pouces 8 lignes, ce qui donnera 3 pieds un pouce pour l'épaisseur du sommet BC , & 6 pieds un pouce pour la base DF .

Remarque troisième.

Ayant fait sentir dans plusieurs endroits de ce Livre, & particulièrement à l'Article 23. combien le talud qu'on donnoit au parement d'un Mur le fortifioit contre l'effort qu'il avoit à soutenir, j'ai crû devoir rapporter ici un profil de Rempart assés singulier imaginé depuis peu par des gens qui n'ont peut-être point fait assés d'attention sur la maniere dont se faisoit la poussée des Terres; voici de quoi il est question.

Fig. 5. Pour ne point trop exposer un revêtement aux injures des Saisons, leur sentiment est de faire le parement à plomb & lui donner un talud du côté des Terres, dans la pensée que s'appuyant sur ce talud, il y en auroit une partie qui contre-balanceroit la poussée de l'autre; pour en juger, il faut du point A , tirer la perpendiculaire AE , à la ligne HD , & faire EF , égal à cette perpendiculaire, afin d'avoir le triangle AEF , qui renfermera toutes les Terres qui agissent contre la ligne EA , que nous regarderons pour un moment comme une surface; dans ce cas il n'y a point de doute que si la ligne EA , étoit le derriere du revêtement, la poussée ne se fit comme à l'ordinaire: il s'agit donc de savoir si celles qui sont renfermées dans le triangle EAD , soulagent le revêtement, ou si au contraire elles se joignent aux autres pour en augmenter la poussée. Si l'on divise la ligne EA , en autant de parties égales que la hauteur du revêtement contient de pieds, & quel'on fasse les Trapezes des puissances comme à l'ordinaire, il est constant qu'en prolongeant toutes les paralleles au-delà de la ligne EA , jusqu'à la rencontre de la face DA , toutes les puissances contenues depuis F , jusqu'en E , se trouveront augmentées par les nouveaux Trapezes qui regnent depuis I , jusqu'en A , les unes plus, les autres moins, il y aura cela de particulier que les puissances, qui auront les plus grands bras de levier, seront justement celles qui auront reçues le plus d'augmentation, or si dans cette augmentation generale on y comprend encore le petit triangle EDI , qui sera de conséquence à cause qu'il agit vers le sommet de la muraille, il faute aux yeux que le triangle AED , bien loin d'affermir le revêtement contre la poussée des Terres qui sont derrière la ligne AE , ne fait que le charger beaucoup plus qu'il ne le feroit si le Mur étoit à plomb de ce côté-là. On pourroit même déterminer avec assés de préci-

précision à quoi peut aller cette nouvelle poussée, mais ce seroit perdre du tems mal-à-propos.

On remarquera seulement, qu'en ne donnant point de talud aux revêtemens de Fortification, il n'y a point de doute qu'étant battus en brèche, la destruction ne se fasse plutôt par la facilité que les débris auront de s'ébouler; d'un autre côté, dans les Pays où la Maçonnerie n'est pas bien bonne, & où les revêtemens sont sujets à surplomber ou à souffler, on s'apercevrait bien-tôt du mauvais effet de ce système, qui, à ce que je crois, n'aura pas beaucoup de Partisans.

PROPOSITION SECONDE.

PROBLEME.

35. Trouver quelle épaisseur il faut donner aux revêtemens des Rempars de Fortification qui sont accompagnés d'un Parapet.

Nous n'avons parlé jusqu'ici que de l'épaisseur des Murs qui soutenoient des Terrasses, & non pas de ceux qui servent de revêtemens aux Rempars des Fortifications: il y a des gens qui croient que c'est à peu-près la même chose, mais il y a bien de la différence; car comme on élève toujours sur ces sortes de Rempars un Parapet de Terre qui fortifie la poussée de celles qui sont déjà derrière le revêtement, l'on sent bien que ces revêtemens-ci doivent avoir plus d'épaisseur que ceux de Terrasses: il est vrai qu'il y a un peu de difficulté à trouver de combien le Parapet augmente cette poussée, mais l'on va voir qu'on en peut rendre le calcul aussi aisé que le précédent.

Ayant pris KD , égal à DB , considérons la première ligne comme marquant le niveau du Rempart, dessus lequel l'on a élevé la Banquette & le Parapet IGE , soutenu par un petit revêtement EC , auquel l'on donne ordinairement 4 pieds de hauteur sur 3 d'épaisseur; si l'on divise la ligne BD , en autant de parties égales qu'il y a de pieds dans la hauteur du revêtement, & que l'on tire toutes les lignes comme ST , VX &c. parallèles à KB , elles formeront des Trapezes comme dans la figure précédente, & si l'on prolonge toutes ces parallèles jusqu'à la rencontre des lignes qui renferment le Parapet & la Banquette, l'on aura un grand nombre de nouveaux Trapezes, dont chacun pourra être regardé comme la quantité dont la puissance qui lui répond est augmentée. Cela posé, il faut

FIG. 4.

E 3

confi-

38 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

confiderer d'abord qu'il y a le long de la ligne EQ , trois Trapezes & un triangle dont l'action doit être supposée réunie aux points E, M, O, N , extrémités des bras de leviers AE, AM, AO, AN , & comme l'effort de chacun de ces Trapezes doit être réduit à l'extrémité D , du bras de levier BD , il faut multiplier l'expression de la force dont chacun est capable par son bras de levier, & pour trouver cette expression il n'y a qu'à voir le rapport du petit triangle DST , à chaque Trapeze; ainsi supposant que le Trapeze LM , soit quadruple du petit triangle, la poussée de ce petit triangle étant nommée b , comme ci-devant, celle du Trapeze LM , sera $4b$, & l'on trouvera de même la poussée des trois autres Trapezes suivans; après cela il faut multiplier chacune de ces puissances par le bras de levier qui lui répond & écrire les quatre produits à part pour les ajouter quand il sera tems, avec les autres que nous allons trouver. Il faut encore chercher le rapport du petit triangle DST , avec tous les autres Trapezes PQ, RD, TS , &c. qui regnent depuis Q , jusqu'en I , au-dessus de la ligne DK , afin de voir combien chacun contient de fois la puissance b , ensuite écrire la progression de toutes les puissances qui sont au-dessous de la ligne DK , comme on a fait dans l'Article 32. l'on aura $b, 3b, 5b, 7b, 9b, 11b$, &c. & voir combien chaque terme doit être augmenté, par exemple, comme le petit triangle DST , est augmenté de tout le Trapeze RD , on doit regarder le Trapeze PT , comme la puissance qui agit au point D , & le Trapeze PQ , agissant aussi autour du point D , le premier terme de la progression doit être augmenté d'autant d'unités que la puissance b , est contenue de fois dans les deux Trapezes PT , & PQ , de même le second terme exprimant le Trapeze SX , doit être augmenté d'autant d'unités que la puissance b , est contenue de fois dans RV , ainsi des autres qui doivent augmenter selon que les Trapezes qui leur répondent dans la figure contiennent plus ou moins la puissance b , jusqu'à ce que l'on soit parvenu au point I , parce que pour lors si le triangle KDB , contient encore quelques puissances qui ne soient point augmentées dans la figure, elles ne doivent pas l'être non plus dans la progression, & par conséquent les termes qui leur répondent doivent être écrits comme à l'ordinaire.

Après qu'on aura écrit de suite toutes les puissances qui agissent le long de la ligne DB , & qui exprimeront par conséquent la poussée des Terres du Rempart & du Parapet à l'exception de celles qui agissent derriere la ligne EQ , il faudra les multiplier par leur bras de leviers comme à l'ordinaire, & ajouter à la somme de tous les

les produits, les quatre que nous avons trouvé d'abord au sujet du petit revêtement EC , après cela l'on aura l'effet total de toutes les puissances qui agissent derrière le revêtement $EQDB$, qui étant divisé par la hauteur DB , le quotient donnera la poussée des Terres, ou si l'on veut toutes les puissances réunies à l'extrémité D , du bras de levier BD ; de sorte que s'il s'agit d'un revêtement dont la hauteur BD , soit de 25 pieds, l'on trouvera que la somme de toutes les puissances réunies au point D , sera de $342b\frac{2}{3}$, & su-

posant $342\frac{2}{3} = f$, on aura donc la valeur de bf , qui est la puissance avec laquelle il faut que le revêtement soit en équilibre.

Presentement voulant trouver l'épaisseur DC , ou BZ , nous la nommerons y ; QC , a ; FC , g ; la hauteur CZ , c ; & la ligne de talud ZH , d ; cela posé, il faut réduire la figure $QEFZ$, que nous considérerons comme un rectangle, à n'avoir qu'une même épaisseur BC , avec le rectangle $BDCZ$; pour cela il faut diviser sa

superficie qui est ag , par la ligne DC , (y) & on aura $\frac{ag}{y}$ pour la hauteur dont le rectangle DZ , doit être augmenté pour que le petit revêtement EC , soit uni avec le rectangle DZ ; ainsi multipliant y par $\frac{ag}{y} + c$, l'on aura $ag + cy$, égal à toute la superficie $BDQEFZ$, que nous supposerons réunie au poids qui est suspendu dans le milieu de la ligne BZ , auquel joignant comme à l'ordinaire le poids 3 & multipliant leur somme par le bras de levier H_4 , il viendra un produit égal à celui de la puissance bf , par son bras de levier BD , ou H_5 , d'où l'on tire cette équation

$$\frac{7yc}{2} + \frac{ag}{2} + cdy + agd + \frac{cdd}{3} = bfc, \text{ qui est un peu composé, mais}$$

qui n'est pourtant pas difficile à réduire, car si l'on change $\frac{ag}{2} + cd$, en un rectangle qui ait pour une de ses dimensions la grandeur c , & que l'autre dimension ait été trouvée égale à n , l'on aura $\frac{ag}{2} + cd = cn$, par conséquent $\frac{ag}{2} + cdy = cny$, or mettant dans l'équation précédente cny , à la place de sa valeur, l'on aura $\frac{cy}{2} + cny + agd + \frac{cdd}{3} = bfc$, de laquelle faisant évanouir la fraction du premier terme, & divisant le tout par c , l'on aura $yy + 2ny + \frac{2agd}{3} + \frac{2dd}{3} = 2bf$, ou bien $yy + 2ny = 2bf - \frac{2agd}{3} - 2dd$

— $\frac{2dd}{3}$ à quoi ajoutant nn , de part & d'autre, pour rendre le premier membre un quarré parfait, il viendra $yy + 2ny + nn = 2bf$
 — $\frac{2agd}{c} - \frac{2dd}{3} + nn$, dont extrayant la racine quarrée, l'on aura
 enfin $y = \sqrt{2bf - \frac{2agd}{c} - \frac{2dd}{3} + nn} - n$, qui donne 5 pieds 8 pouces & environ 8 lignes pour la valeur de y .

Comme cette opération est un peu longue, sur-tout pour connoître la valeur de y , il vaut beaucoup mieux dans la pratique faire abstraction du petit revêtement EC , & ne le pas admettre dans le calcul Algebrique, & pour lors l'on aura comme à l'or-

dinaire l'équation $y = \sqrt{2bf + \frac{dd}{3}} - d$, qui est beaucoup plus simple. Il est vrai que le poids qui exprime la pèsanteur de tout le revêtement sera plus léger qu'il ne devrait être de la partie EC , mais ce n'est point un mal : au contraire, puisque l'épaisseur DC , en sera un tant soit peu plus grande qu'il ne faudroit pour un parfait équilibre, il semble même qu'on pourroit me reprocher de donner dans une trop grande précision pour un sujet qui de lui-même demande d'être traité plus cavalierement, car l'épaisseur qu'on trouvera de plus, en omettant le petit revêtement, ne passe pas 8 ou 9 lignes, comme on le va voir.

APPLICATION.

• Ne faisant point mention, comme je viens de le dire, du petit revêtement EC , il ne s'agit plus pour avoir l'épaisseur DC , en nombres, que de calculer l'équation $y = \sqrt{2bf + \frac{dd}{3}} - d$, pour ce-

la il faut se rapeller que l'on a trouvé que f , valoit $342 \frac{2}{3}$, qu'il faut multiplier par la valeur de b , qui est 3 pouces, parce que le petit triangle DST , vaut 6 pouces, & qu'il n'y en a que la moitié qui agit contre la surface DT , ou comme on l'a supposé, contre le point D , & l'on aura 85 pieds 8 pouces pour la valeur de bf , mais comme bf , doit être diminué d'un tiers à cause que cette grandeur exprime la valeur d'une superficie de Terre par l'Article 5, il faut donc prendre les deux tiers de 85 pieds 8 pouces, pour avoir 57 pieds un pouce 4 lignes pour la valeur de bf , réduite, c'est-à-dire pour qu'elle puisse entrer dans le calcul de la Maçonnerie.

rie. Or comme dans la formule, *bf*, est multiplié par 2, il faut aussi doubler 57 pieds un pouce 4 lignes pour avoir 114 pieds 2 pouces 8 lignes, à quoi ajoutant le tiers du quarré de la ligne de talud, qui est 8 pieds 4 pouces, l'on aura 122 pieds 6 pouces 8 lignes, dont la racine quarrée est 11 pieds 10 pouces pour l'épaisseur *BH*, sur la retraite, d'où retranchant la ligne de talud qui est 5 pieds, l'on trouvera 6 pieds 10 lignes pour l'épaisseur *DC*, que le Mur doit avoir au sommet; & comme l'on n'a trouvé que 6 pieds 2 lignes, il s'ensuit, comme je l'ai insinué, que la différence est 8 lignes.

Remarque premiere.

36. L'on voit qu'en suivant ce que je viens d'enseigner, on peut trouver avec assés de précision la poussée des terres, qui composent le Rempart & le Parapet: On pourroit seulement se plaindre que c'est un travail un peu long de calculer la valeur de tous les Trapezes qui sont au-dessus de la ligne *DK*, à cause qu'ils sont irréguliers, c'est pourquoi j'ai cherché une voye plus abrégée, & j'en ai trouvé une qui rend les opérations tout aussi aisées, que s'il n'y avoit point de Parapet; la voici.

Il faut commencer par faire abstraction de tout ce qui est au-dessus de la ligne *KC*, c'est-à-dire qu'il ne faut considerer que le triangle de terre *KDB*, & le profil de la maçonnerie *BDCH*, comme s'il s'agissoit d'un revêtement de Terrasse, ainsi que dans l'Art. 32. ensuite écrire la progression des puissances en lui donnant autant de termes que la hauteur *DB*, contient de pieds, & suposant qu'elle en contienne 25, j'écris 1 *b.* 3 *b.* 5 *b.* 7 *b.* 9 *b.* 11 *b.* 13 *b.* 15 *b.* 17 *b.* 19 *b.* 21 *b.* 23 *b.* 25 *b.* 27 *b.* 29 *b.* 31 *b.* 33 *b.* 35 *b.* 37 *b.* 39 *b.* 41 *b.* 43 *b.* 45 *b.* 47 *b.* 49 *b.* J'ajoute dix unités à chacun des vingts premiers termes de cette progression pour avoir 11 *b.* 13 *b.* 15 *b.* 17 *b.* 19 *b.* 21 *b.* 23 *b.* 25 *b.* 27 *b.* 29 *b.* 31 *b.* 33 *b.* 35 *b.* 37 *b.* 39 *b.* 41 *b.* 43 *b.* 45 *b.* 47 *b.* 49 *b.* dont les cinq derniers termes sont les mêmes que dans la progression précédente, parce qu'ils n'ont pas été augmentés; car, comme je l'ai dit, il n'y a qu'aux vingt premiers termes qu'il faut ajouter 10, soit que le revêtement ait 30, 40, ou 50 pieds de hauteur, les autres termes qui suivent les vingt premiers devant toujours rester comme si on n'avoit fait aucun changement à la progression; je multiplie présentement chaque terme par son bras de levier, comme à l'ordinaire, j'entens que le premier terme 11 *b.* sera multiplié par 25, le second 13 *b.* par 24, le troisième 15 *b.* par 23, & ainsi des autres; car je ne fais aucun changement dans la progression

FIG. 4.

F

des

42 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

des nombres naturels qui expriment la longueur des leviers, toutes les multiplications étant faites, la somme des produits sera 8625 *b*. qui étant divisé par 25, le quotient donnera 345 *b*. ainsi *f*, qui dans l'Art. 25, étoit de $342\frac{2}{3}$, fera ici de 345, ce qui fait environ

2 unités de plus, par conséquent dans l'équation $y = \sqrt{2bf + \frac{dd}{3}}$

— *d*, *bf*, au lieu de valoir 57 pieds un pouce 4 lignes, vaudra 57 pieds 6 pouces, qui donne environ 5 pouces de plus, & continuant le reste de l'opération, je trouve que *y*, vaut 6 pieds un pouce 2 lignes, au lieu qu'elle n'a été trouvée dans l'Article précédent que de 6 pieds 10 lignes, ce qui fait une différence de 4 lignes.

J'ai cherché, selon ces deux méthodes, l'épaisseur qu'il falloit donner au sommet de plusieurs revêtemens, les prenant à des hauteurs arbitraires, j'ai trouvé que mes opérations donnoient la même chose pour la valeur de *y*, à trois ou quatre lignes près, qui est une différence de si peu de conséquence, qu'il m'a paru qu'il valoit beaucoup mieux suivre cette méthode-ci que l'autre.

On demandera peut-être la raison qui m'a fait ajouter dix unités aux 20 premiers termes de la progression, mais je n'en ai d'autres à donner, sinon que je me suis aperçu, après avoir beaucoup cherché, que ces dix unités, ajoutées de suite, faisoient une compensation pour les puissances & les leviers, qui donnoient la même chose que les Trapezes qui sont au-dessus de la ligne *KC*, qui composent le Parapet, quoique ces Trapezes allassent tantôt en augmentant, tantôt en diminuant: aussi ne faut-il regarder cet abrégé que comme un moyen qui n'est bon que dans la pratique, & dont on peut se servir aussi utilement que de la méthode que j'ai expliquée dans l'Art. 35. sans laquelle je n'aurois pas trouvé celle-ci.

Remarque seconde.

On ne pratique plus guère des revêtemens de Maçonnerie au-dessus du cordon, pour soutenir les terres du Parapet, parce qu'on s'est aperçu que les éclats, que causoit cette Maçonnerie quand elle étoit battuë du Canon, devenoient nuisibles à ceux qui étoient derrière le Parapet; d'ailleurs, qu'il falloit plus de tems & de difficulté pour percer les embrasures en tems de siège, que si ce Parapet n'étoit revêtu que de gazons ou de placage sur les deux tiers de talud, qui est le parti que l'on prend aujourd'hui: pour cela l'on éloigne un peu le pied du Parapet du sommet de la muraille, afin qu'il

FIG. 6.

qu'il se soutienne mieux, comme on le voit dans la 6^e. Figure ; mais, que le Parapet soit revêtu ou non, la méthode que je viens de donner, pour calculer la poussée des Terres, sera toujours la même aussi-bien que pour les demi revêtements.

USAGE D'UNE TABLE

Pour trouver l'épaisseur qu'il faut donner aux Revêtemens de Terrasses & à ceux des Rempars de Fortification.

37. Comme il y a des gens qui pourroient se trouver embarrassés de se servir des Régles que j'ai enseignées au sujet des revêtemens des Terrasses & des Rempars, faute de bien entendre les raisons sur lesquelles elles sont établies, j'ai crû qu'il étoit à propos de donner une Table qui les dispensât de faire de longs & pénibles calculs, dans lesquels il est toujours dangereux de se tromper, à moins qu'on n'y apporte une grande attention ; & afin d'éviter les moindres fautes, j'ai fait faire ceux, qui ont servi à composer cette Table, par trois personnes fort intelligentes, qui chacune en particulier faisant les mêmes opérations, je n'eusse plus qu'à voir si elles se raportoient, de sorte que quand elles differeroient en quelque chose, je pusse voir de quelle part l'erreur pouvoit provenir : ainsi l'on peut s'assurer que ces calculs ont été faits avec toute la précision possible.

La premiere Colonne comprend toutes les hauteurs des Murs depuis 10 jusqu'à 100, allant en progression Arithmetique dont la difference est 5, c'est-à-dire que le premier nombre appartient à un Mur qui auroit 10 pieds de hauteur, le second à celui qui en auroit 15, le troisiéme à celui qui en auroit 20, & ainsi de suite jusqu'à 100, faisant attention que cette hauteur ne doit être comprise que depuis la retraite jusqu'au cordon, aux revêtemens qui soutiennent un Parapet ; parce que l'on fait abstraction du petit revêtement *EC*, & que tous ces revêtemens sont supposés avoir pour talud du côté du parement, la cinquiéme partie de leur hauteur, l'autre côté étant élevé à plomb.

J'ai été fâché, après avoir calculé cette Table, d'avoir donné aux Murs un talud si considerable, parce que la pratique de la plupart des Ingenieurs d'aujourd'hui est de ne donner que le 7^e. de la hauteur pour talud, leur raison étant qu'un plus grand talud expose trop le parement aux injures de l'air, ce qui cause des écorchemens au bout de quelques années, au lieu que cela n'arrive pas

quand on leur en donne moins: cependant, comme cela oblige à augmenter beaucoup l'épaisseur du sommet, je doute qu'on abandonne absolument l'ancienne méthode, c'est-à-dire celle de Mr. de Vauban qui dans son profil général donne pour talud la cinquième partie de la hauteur; & c'est à son exemple que j'ai pris le même parti, ne pouvant avoir un meilleur garent.

La seconde Colonne comprend les puissances équivalentes à la poussée des Terres que doit soutenir un revêtement de Terrasses, de Quays, de Chaussées, &c. afin que dans les occasions où l'on auroit besoin de connoître cette poussée, on la trouve ici tout d'un coup, sans faire aucun calcul: ainsi si l'on vouloit savoir, par exemple, quel effort font les Terres rapportées derriere un revêtement de 30 pieds de hauteur, ou, ce qui revient au même, quelle seroit la force de la puissance qui agiroit au sommet du revêtement & qui seroit équivalente à la poussée de toutes les Terres qui agissent derriere le revêtement depuis le haut jusqu'en bas, on cherchera dans la premiere Colonne le nombre 30, & l'on prendra dans la seconde celui qui lui répond, que l'on trouvera de 52 pieds 6 pouces 4 lignes; qu'on doit regarder comme équivalant à des pieds provenans d'une coupe de Maçonnerie, parce qu'on a fait la réduction de ceux de Terre, afin de pouvoir les comparer avec les profils de Maçonnerie, ou les poids qui les expriment, comme je l'ai assés expliqué dans l'article 5.

La troisième Colonne contient, comme la seconde, un nombre de pieds, pouces, &c. quarrés, qui expriment aussi la poussée des Terres, mais différemment, parce qu'on y a compris celles du Parapet & du Rempart, comme on en a fait mention dans les Articles 35 & 36.

La quatrième Colonne donne l'épaisseur que chaque revêtement doit avoir au sommet par rapport à sa hauteur, pour être en équilibre par son poids avec la poussée des Terres: ainsi voulant savoir l'épaisseur qu'il faut donner au sommet d'un revêtement qui auroit 30 pieds de hauteur, il n'y a qu'à chercher dans la premiere Colonne le nombre 30, & l'on regardera dans la quatrième le nombre qui lui répond; on trouvera 4 pieds 9 pouces 8 lignes pour ce que l'on demande, ainsi des autres.

La cinquième Colonne comprend l'épaisseur des mêmes revêtemens, avec cette différence qu'au lieu d'être en équilibre avec la poussée des Terres, comme dans la quatrième, les épaisseurs qu'on y donne appartiennent à des revêtemens, dont la résistance seroit au-dessus de l'équilibre, d'un quart de la force de la poussée des

des Terres: c'est-à-dire par exemple, que si un Mur de 30 pieds de hauteur est en équilibre avec 200 toises cubes de Terre en ne lui donnant que 4 pieds 9 pouces 8 lignes au sommet, comme dans la quatrième Colonne, il pourroit en soutenir 250 si on lui donnoit l'épaisseur qui se trouve dans la cinquième, qui est de 5 pieds 11 pouces une ligne: ceci répond à ce qui a été dit dans l'Article 34. on l'a calculé exprès pour servir à déterminer l'épaisseur des revêtemens des Terrasses, des Quays, des Chaussées, &c. auxquels ne voulant point faire des contreforts, on est bien aise de mettre leur résistance au-dessus de la poussée des Terres afin d'agir en toute sûreté; au lieu que si l'on s'étoit attaché précisément à l'équilibre, il eût été à craindre que les ébranlemens causés par les Voitures ne produisissent des secousses qui auroient pû mettre par accident la poussée des Terres au-dessus de la résistance du revêtement: malgré cette précaution, je conviens que les quatre ou cinq premiers termes de cette Colonne ne donnent point assés d'épaisseur aux Murs qui leur répondent, pour pouvoir s'en servir sans contreforts; parce que dans la pratique on ne doit point absolument considérer la Maçonnerie comme indissoluble, sur-tout quand elle est nouvellement faite; mais à l'exception de ces trois ou quatre termes-là, auxquels il est à propos d'avoir égard, on pourra se servir des autres sans crainte.

Il semblera peut-être, selon ce que je viens de dire, que la quatrième Colonne est assés inutile, puisqu'on lui préférera toujours la cinquième; mais, comme c'est elle qui donne le point d'équilibre, pour augmenter la puissance d'un quart, & que d'ailleurs elle nous servira dans la suite quand nous parlerons des contreforts, il étoit nécessaire de ne pas l'obmettre.

Quant à la sixième Colonne, elle donne l'épaisseur du sommet des revêtemens des Rempars à la hauteur du cordon, dans le cas où ces Rempars soutiendroient un Parapet, & seroient en équilibre par leur résistance à la poussée des Terres qui composent le Rempart & le Parapet: on ne parle point de combien il faudroit augmenter l'épaisseur de ces revêtemens pour mettre leur résistance au-dessus de la poussée des Terres, parce que cela auroit été inutile, à cause qu'il convient mieux d'y ajouter des contreforts pour les raisons qu'on verra dans le cinquième Chapitre.

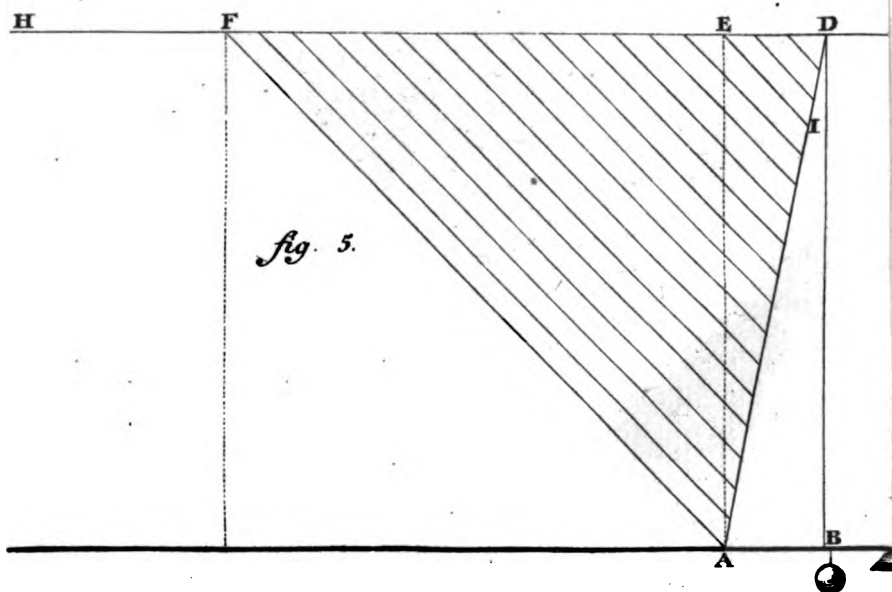
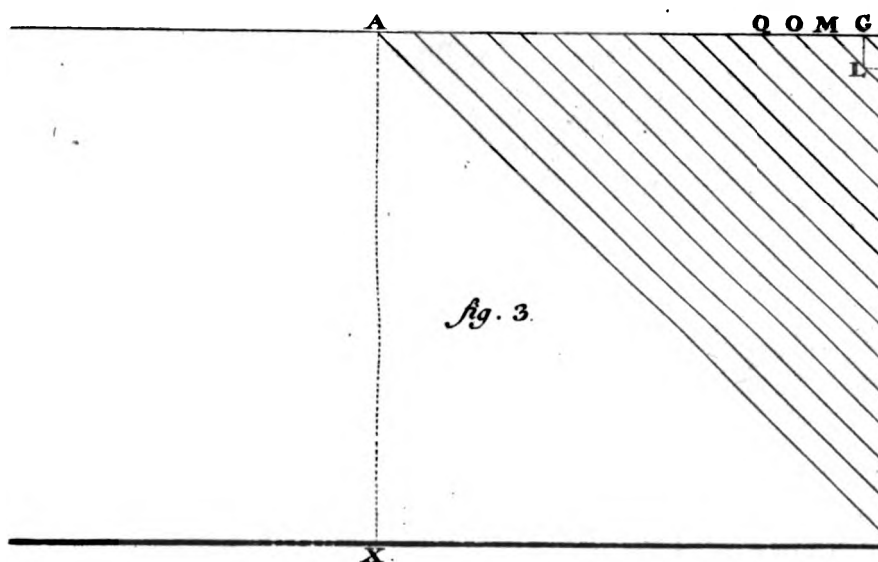
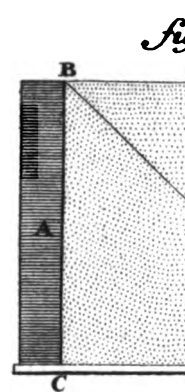
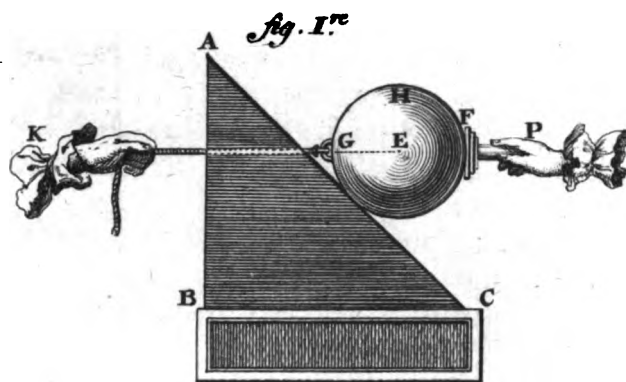
Les termes de la quatrième, cinquième, & sixième Colonne servant à donner l'épaisseur du sommet des revêtemens, on n'a pas parlé de celles que doivent avoir leurs bases, parce que, pour la trouver, on n'a qu'à ajouter à celle du sommet la cinquième partie

tie de la hauteur du revêtement qu'on veut élever; par exemple, si l'on ajoute 6 pieds à 4 pieds 9 pouces 8 lignes, l'on aura 8 pieds 9 pouces 8 lignes pour l'épaisseur que doit avoir sur la retraite un revêtement qui auroit 30 pieds de hauteur, & qui selon la quatrième Colonne seroit en équilibre avec la poussée des Terres: il en sera de même pour tous les autres revêtemens de la cinquième & sixième Colonne.

Comme les hauteurs des revêtemens qui sont dans la première Colonne vont en augmentant de cinq pieds, n'ayant pas voulu suivre la progression des nombres naturels, à cause que la Table eût été d'un trop grand travail, il est bon de dire quelque chose sur ce qu'il convient de faire quand on voudra chercher l'épaisseur d'un revêtement dont la hauteur ne se rapporteroit pas précisément avec quelques-uns des termes de la première Colonne. Par exemple, s'il s'agissoit d'un revêtement de 28 ou 29 pieds de hauteur, on pourra prendre l'épaisseur qui répond à 30, quoiqu'elle soit un peu plus forte qu'il ne faut. Mais, si la hauteur étoit de 26 ou 27 pieds, il faudra, dans le cas d'équilibre, ajouter l'épaisseur qui répond à 30 pieds, avec celle qui répond à 25, & prendre la moitié de la somme; c'est-à-dire 4 pieds 9 pouces 8 lignes, avec 4 pieds 7 lignes, pour avoir 8 pieds 10 pouces 3 lignes, dont la moitié est 4 pieds 5 pouces 1 ligne, qui est ce que l'on demande: on pratiquera la même chose pour la cinquième & la sixième Colonne.



TABLE



T A B L E

Pour régler l'Epaisseur qu'il faut donner aux Revêtemens de Maçonnerie qui soutiennent des Terrasses ou Rempars.

Hauteur des revêtemens.	Valeur des puissances qui sont équivalentes à la poussée des Terres qui n'ont point de Parapet.	Valeur des puissances qui sont équivalentes à la poussée des Terres du Rempart & du Parapet des Ouvrages de Fortification.	Epaisseur du sommet des revêtemens qui sont en équilibre avec la poussée des Terres lorsqu'il n'y a pas de Parapet.	Epaisseur du sommet des revêtemens dont la résistance est au-dessus de l'équilibre d'un quart de la poussée.	Epaisseur des revêtemens qui sont en équilibre par leur résistance avec des Rempars qui soutiennent un Parapet.
pieds.	pieds. pou. lig.	pieds. pou. lig.	pieds. pou. lig.	pieds. pou. lig.	pieds. pou. lig.
10.	6. 5. 0.	15. 7. 0.	1. 9. 1.	1. 11. 6.	3. 8. 4.
15.	13. 9. 4.	27. 1. 4.	2. 6. 2.	2. 9. 11.	4. 6. 8.
20.	23. 11. 0.	41. 5. 0.	3. 3. 5.	3. 8. 3.	5. 4. 6.
25.	36. 6. 0.	57. 6. 0.	4. 0. 7.	4. 6. 7.	6. 1. 2.
30.	52. 6. 4.	74. 4. 0.	4. 9. 8.	5. 4. 9.	6. 9. 0.
35.	71. 0. 0.	95. 3. 4.	5. 6. 11.	6. 3. 1.	7. 4. 8.
40.	92. 3. 0.	117. 8. 0.	6. 3. 10.	7. 1. 6.	8. 1. 2.
45.	116. 3. 0.	142. 7. 0.	7. 1. 3.	7. 11. 10.	8. 7. 11.
50.	143. 1. 0.	170. 1. 0.	7. 10. 5.	8. 10. 0.	9. 3. 00.
55.	172. 8. 0.	200. 3. 0.	8. 7. 6.	9. 8. 4.	9. 11. 10.
60.	205. 0. 4.	233. 1. 0.	9. 4. 9.	10. 6. 8.	10. 9. 1.
65.	240. 2. 0.	271. 10. 0.	10. 2. 0.	11. 5. 1.	11. 4. 3.
70.	278. 1. 0.	306. 9. 0.	10. 11. 0.	12. 3. 4.	12. 0. 8.
75.	318. 9. 0.	347. 10. 0.	11. 8. 3.	13. 1. 8.	12. 9. 1.
80.	362. 3. 0.	391. 7. 6.	12. 5. 4.	14. 0. 0.	13. 5. 6.
85.	408. 6. 0.	438. 6. 0.	13. 2. 7.	14. 10. 3.	14. 2. 1.
90.	457. 6. 0.	487. 3. 8.	13. 11. 9.	15. 8. 6.	14. 10. 9.
95.	526. 10. 6.	556. 10. 6.	14. 8. 10.	16. 6. 11.	15. 7. 5.
100.	563. 11. 0.	594. 10. 0.	15. 6. 1.	17. 5. 3.	16. 4. 2.

PROPOSITION TROISIEME.

PROBLÈME

38. *Voulant augmenter l'épaisseur d'un revêtement qui seroit en équilibre avec la poussée des Terres, on demande de combien la résistance de ce revêtement deviendra plus forte qu'elle n'étoit par rapport à l'augmentation qu'on veut faire.*

Pour résoudre ce Problème, nous supposerons que a , exprime l'épaisseur au sommet d'un revêtement quelconque, quand la résistance du Mur est égale à la poussée des Terres, & que m , exprime la nouvelle épaisseur composée de la première & de l'augmentation proposée; cela posé, si dans le premier membre de l'équation $yy + 2dy + \frac{2dd}{3} = 2bf$, (où nous avons vu Art. 22. que le poids étoit en équilibre avec la puissance) l'on met a , au lieu de y , l'on aura $aa + 2da + \frac{2dd}{3}$ pour la résistance dont le revêtement est capable étant en équilibre avec la poussée des Terres; & mettant encore m , à la place de y , dans la même équation, l'on aura $mm + 2dm + \frac{2dd}{3}$ pour la résistance du revêtement après avoir augmenté son épaisseur, par conséquent le rapport que nous cherchons fera égal à $\frac{aa + 2da + \frac{2dd}{3}}{mm + 2dm + \frac{2dd}{3}}$ qu'on connoitra en mettant des nombres à la place des Lettres.

APPLICATION.

Remarqués que le numerateur de la fraction précédente n'est autre chose que le quarré de $a + d$, c'est-à-dire le quarré de l'épaisseur de la base, du revêtement moins le tiers du quarré de la ligne de talud, & que le dénominateur est aussi égal au quarré de la base du revêtement, dont on a augmenté l'épaisseur, moins le tiers du quarré de la même ligne de talud. Or s'il s'agit d'un revêtement de 30 pieds de hauteur, qui soutienne un Rampart avec un Parapet, selon la sixième Colonne de la Table, l'épaisseur de ce revêtement

au

au sommet dans l'état d'équilibre, fera 6 pieds 9 pouces, à quoi ajoutant la ligne de talud qui est 6 pieds, l'épaisseur de la base fera 12 pieds 9 pouces, dont le carré est 162 pieds 6 pouces 9 lignes duquel retranchant 12 qui est le tiers du carré de la ligne de talud, il restera 150 pieds pour la valeur de $aa + 2da + \frac{2dd}{3}$ en négligeant les 6 pouces 9 lignes qui ne feroient qu'embarraffer. Mais si l'on veut augmenter de 15 pouces l'épaisseur en question, la base fera de 14 pieds, dont le carré est 196, d'où retranchant encore 12, il restera 184 pour $mm + 2dm + \frac{2dd}{3}$, ainsi l'on aura $\frac{150}{184}$ qui étant réduit donne à peu-près $\frac{5}{6}$ ce qui fait voir que les 15 pouces dont on a augmenté l'épaisseur du revêtement le rendent plus fort de la cinquième partie de la force qu'il lui auroit fallu pour être en équilibre avec la poussée des Terres.

PROPOSITION QUATRIÈME.

PROBLÈME.

39. Connoissant la hauteur & les épaisseurs du sommet & de la base d'un Mur qui ne soutient aucune poussée, trouver quelle est la puissance avec laquelle il pourroit être en équilibre.

Si un Mur AD , est élevé à plomb des deux côtés; qu'on nomme c , sa hauteur AC ; a , l'épaisseur AB , ou CD ; & x , une puissance P , qui tireroit de A , en F , le poids M , sera ac ; il est constant que le point d'appui étant en C , l'on aura $x, ac, :: \frac{a}{2}c$, dont le produit des extrêmes & celui des moyens donnent, après la réduction, $\frac{aa}{2} = x$.

PLANCHE
3.
FIG. 1.

Mais, si le Mur étoit comme le Profil CA , c'est-à-dire qu'il fût élevé à plomb d'un côté & qu'il eût un talud de l'autre, il est certain que la puissance que l'on cherche tirant de E , en Q , feroit un effet tout différent que dans la figure précédente; or pour trouver la valeur de cette puissance, nous nommerons DF , a ; FA , d ; la hauteur EF , c ; & la puissance Q , y ; cela posé, ayant réuni le poids O , au poids N , & multiplié leur somme par le bras GA , l'on aura un produit égal à celui de la puissance Q , (y) par la perpen-

FIG. 2.

G

pen-

50 LA SCIENCE DES INGENIEURS,
pendiculaire AB , & si de chacun de ces produits l'on efface la lettre c , il viendra $\frac{aa}{2} + ad + \frac{dd}{3} = y$, qui fait voir que la puissance Q , est égale à la moitié du quarré de l'épaisseur CE , ou DF , plus au tiers du quarré de la ligne de talud FA , plus enfin à un rectangle compris sous DF , & FA .

A P P L I C A T I O N.

On peut faire usage de cette Proposition, pour voir si des Murs, qui ne soutiennent rien, peuvent servir de revêtement à des Rempars qu'on voudroit élever derriere, puisque cherchant dans la Table à quoi peut aller la poussée des Terres, on s'apercevra si ces Murs ont assés de force, car si le mur qui est élevé à plomb des deux côtés a par exemple six pieds d'épaisseur, la moitié de son quarré sera 18, ainsi il ne pourra tout au plus soutenir qu'une puissance équivalente à 18 pieds quarrés.

De même, dans le second Profil, suposant l'épaisseur DF , de 4 pieds, la ligne de talud FA , de 5, suivant ce qu'enseigne l'équation $\frac{aa}{2} + ad + \frac{dd}{3} = y$, l'on trouvera que la puissance Q , est de 36 pieds 4 pouces, & que par conséquent la poussée des Terres qu'on voudroit lui faire soutenir ne doit point passer cette quantité.

C H A P I T R E C I N Q U I E M E.

De la considération des Murs qui ont des Contreforts.

Tout le monde fait que les contreforts qu'on élève avec les murs contribuent beaucoup à les fortifier contre la poussée des Terres ou des Voûtes quand ils en soutiennent, mais il ne paroît pas qu'on se soit appliqué à examiner de combien ils pouvoient rendre ces murs capables d'une plus ou moins grande résistance, selon la longueur, l'épaisseur, la distance, & même la figure qu'on donneroit aux contreforts. Ce sujet est pourtant digne d'attention, sur-tout quand il s'agit de certains Ouvrages qui doivent plutôt tirer leur solidité des règles de l'art, que de l'abondance des matériaux; puisque si l'on connoissoit bien le mécanisme qui appartient à

ce

ce sujet, on élèveroit des Edifices qui feroient encore plus hardis que la plupart de ceux qui font tant d'honneur aux siècles passés; on travailleroit avec sûreté, & l'on n'apercevroit pas une certaine timidité qui est assés ordinaire aux Ouvrages des Modernes: les anciens Architectes paroissent en ceci plus éclairés; s'ils n'avoient pas des règles certaines & démontrées comme celles qu'on demande, ils agissoient au moins avec un jugement qui en aprochoit beaucoup: les beaux momumens qu'ils nous ont laissés en font foi, leurs Eglises sont d'une légereté admirable, il semble qu'ils ont usé de quelques moyens extraordinaires, qu'on a perdu avec eux; cependant, si l'on y prend garde de près, l'on verra que tout ce qui en fait le merveilleux, n'est autre chose que la bonne liaison des matériaux, la situation & l'étendue des contreforts dont ils se sont toujours servi heureusement, & comme peu de gens s'arrêtent à cette dernière particularité faite d'en connoître tout le mérite, ils sont ravis d'un étonnement qu'ils ne savent à quoi attribuer: les Eglises que l'on a bâti dans ces derniers tems, & entr'autres quelques-unes de Paris, sont bien éloignées d'intriguer personne: si elles causent quelque surprise, c'est de les voir si matérielles, qu'elles semblent avoir épuisé toutes les Carrieres du Pays. Est-il possible que l'intervalle de quelques siècles rende les hommes si opposés sur une même chose? Ne conviendra-t-on jamais, que dans tout ce que l'on fait qui est susceptible de plus & de moins, il y a un certain point d'où dépend la construction la plus parfaite qu'il est possible d'atteindre, & que c'est à ce point-là qu'il faut uniquement s'appliquer, afin d'y demeurer fixe quand on l'aura une fois trouvé? De pareilles recherches feroient d'un grand avantage pour la perfection de l'Architecture; on ne peut trop engager ceux qui la cultivent d'y travailler, & comme les contreforts y doivent avoir beaucoup de part, nous allons faire enforte dans ce Chapitre d'en bien développer toute la Théorie; mais, avant cela, il est à propos que j'avertisse qu'il faut supposer que les contreforts, dont nous parlerons, ont été construits dans le même tems que les murs qu'ils soutiennent, & que la liaison est si parfaite, que de part & d'autre elle ne fait plus qu'un seul corps.

PROPOSITION PREMIERE.

PROBLEME.

40. *Ayant le Profil ABCD, d'un mur élevé à plomb des deux côtés & soutenu par des contreforts représentés par le rectangle AEFC, on demande si une puissance Q, agissoit de A, en B, pour renverser ce mur du côté du parement, ou une autre P, de A, en E, pour le renverser du côté des contreforts, quel est le rapport de la résistance du mur dans ces deux cas, ou ce qui est la même chose, le rapport de la puissance Q, à la puissance P, suposant qu'elles agissent chacune en particulier.*

FIG. 4.
& 5.

Considérons la Figure 5. qui représente le Plan de la Maçonnerie du Profil qui est au-dessus, dont les contreforts sont rectangles & égaux dans ce Plan, l'on suppose que l'épaisseur LI , des contreforts est égale à l'épaisseur CD , de la muraille; que leur longueur FC , est double de leur épaisseur, & que leur distance CL , ou IK , est double de la longueur FC , ainsi nommant l'épaisseur CD , ou LI , a ; FC , sera $2a$, & CL , ou IK , sera $4a$; quant à la hauteur AC , de la muraille & des contreforts, nous la nommerons b ,. cela posé, ab , sera la valeur du rectangle AD , ramassé dans le poids N , qui est suspendu dans le milieu de la ligne CD , & $2ab$, sera la valeur du rectangle EC : or comme cette muraille n'a point de longueur déterminée, nous n'y aurons point égard; cependant les contreforts étant à une certaine distance, & ne formant point de massif continu, comme la muraille fait dans sa longueur, on ne peut pas dire que $2ab$, expriment la valeur des contreforts, puisque pour cela il faudroit qu'il n'y eût point d'intervalle entr'eux; il faut donc réduire la valeur des contreforts, de façon qu'on puisse la considérer comme si elle régnoit sur toute la longueur du mur: pour cela l'on n'a qu'à diviser $2ab$, par 5, & l'on aura $\frac{2ab}{5}$ égal à l'expression du poids M , qu'on doit regarder comme équivalant à tous les contreforts réunis ensemble dans un des points de la ligne GM , tirée du centre de gravité.

Présentement, il faut réunir le poids M , au poids N , en sorte qu'il pèse autant en H , qu'il pèse en G , par rapport au point d'appui D , ainsi

\mathcal{D} , ainsi je multiplie la valeur du poids M , par son bras de levier GD , ($2a$) pour avoir $\frac{4aab}{5}$, que je divise par le bras HD , ($\frac{a}{2}$) le quotient est $\frac{8ab}{5}$, qui étant ajouté avec le poids N , (ab) donne $\frac{13ab}{5}$ pour la somme des poids M , & N , réunis si l'on veut dans le seul poids O : maintenant si l'on nomme x , la puissance \mathcal{Q} , & qu'on considère les lignes HD , & BD , comme faisant un levier recourbé dont le point d'appui est en \mathcal{D} , l'on aura BD , (b) HD , ($\frac{a}{2}$) :: O , ($\frac{13ab}{5}$) x , qui donne cette équation $bx = \frac{13aab}{10}$, ou bien $x = \frac{13aa}{10}$ qui fait voir que la puissance \mathcal{Q} , est $\frac{13aa}{10}$.

Si au lieu de supposer le point d'appui en \mathcal{D} , on le suppose en F , l'on aura le levier recourbé EFH , à l'extrémité d'un des bras duquel est encore le poids O , qui exprime toujours la muraille & les contreforts, & la puissance P , à l'autre bras, laquelle étant nommée y , donnera dans l'état d'équilibre EF , (b) FH , ($\frac{1a}{2}$) :: $\frac{29ab}{25}$, y . D'où l'on tire $y = \frac{29aa}{10}$, par conséquent \mathcal{Q} , (x) P , (y ;) $\frac{13aa}{10}$, $\frac{29aa}{10}$ ou comme treize est à vingt-neuf.

Remarque premiere.

41. Cette proposition montre clairement qu'un mur qui a des contreforts résiste beaucoup plus à l'effort d'une puissance quand elle agit dans un sens opposé aux contreforts, que lorsqu'elle pousse du côté des contreforts mêmes, à cause de la différence des bras de leviers qui répondent à la base.

Remarque seconde.

42. L'on remarquera encore, que si dans les revêtemens de Fortifications & de Terrasses, l'on n'avoit égard qu'à la poussée des Terres, il vaudroit beaucoup mieux faire les contreforts en dehors qu'en dedans: cependant cela ne se pratique point ainsi, pour ne pas choquer la vue, & pour d'autres raisons qui se font assez sentir; mais

quand il s'agit de soutenir les piés-droits d'une Voûte, c'est alors qu'il faut absolument les placer en dehors, afin qu'ils soient directement opposés à la poussée.

Remarque troisième.

43: Pour faire voir à quel point un mur, qui soutient quelque poussée, est capable de résister davantage lorsqu'il y a des contreforts que quand il n'y en a point, quoique la même quantité de Maçonnerie subsiste de part & d'autre, augmentons par plaisir l'épaisseur CD , de la muraille de toute la maçonnerie qui est employée dans les contreforts: pour cela je divise la longueur FC , (2a) par 5, pour avoir $\frac{2a}{5}$ qui sera l'épaisseur RC , réduite, qui étant ajoutée

FIG. 4.
& 5.

FIG. 3. tée avec CD , donnera $\frac{7a}{5}$ pour toute l'épaisseur RD , ou PX , du nouveau Profil TX , qui étant multipliée par la hauteur TP , (b) donne $\frac{7ab}{5}$ pour la valeur du rectangle TX , réuni au poids T , qui est suspendu dans le milieu V , de la ligne PX : or supposant le point d'appui en X , & une puissance S , qui tire de R , en S , nommant cette puissance z , l'on aura dans le cas d'équilibre RX , (b) XV , $(\frac{7a}{10}) :: T, (\frac{7ab}{5}) z$, qui donne $\frac{49aa}{50} = z$, & comme 49 ne diffère de 50 que d'une unité, nous supposerons $aa = z$.

Presentement, pour comparer la puissance $Q, (\frac{13aa}{10})$ à la puissance S , on donnera à la seconde le même dénominateur qu'à la première, & pour lors l'on aura $Q, S, :: \frac{13aa}{10}, \frac{10aa}{10}$, qui étant réduite, donne $Q, S, :: 13, 10$. L'on peut donc conclure de tout ceci, que plus les contreforts seront longs, & plus le bras de levier sera à l'avantage de la puissance résistante, c'est pourquoi dans les occasions où l'on peut se dispenser de donner une grande épaisseur aux contreforts, il vaut mieux étendre sur leur longueur, que sur leur épaisseur, la maçonnerie qu'on leur destine, afin que l'ouvrage en soit encore plus inébranlable.

PROPO-

PROPOSITION SECONDE.

PROBLÈME.

44. *Ayant un revêtement de Terrasse ABCD, & une puissance P, dont la force est supposée beaucoup au-dessus de la résistance, dont le revêtement est capable par son poids, on demande de quelle longueur il faudra faire les contreforts qu'on voudroit y ajouter afin que le tout soit en équilibre avec cette puissance.* FIG. 6.
& 7.

Pour bien entendre ce Probleme il faut être prévenu que la hauteur CE , du revêtement est supposée de 30 pieds, & qu'ainsi selon la regle générale, la ligne de talud ED , doit être de 6 pieds. Or si ce revêtement avoit des Terres à soutenir, on verra dans la Table que la puissance équivalente à leur poussée, c'est-à-dire la puissance P , est de 52 pieds 6 pouces 4 lignes, & que pour mettre le revêtement en équilibre avec cette puissance, il faudroit donner 4 pieds 9 pouces 8 lignes à l'épaisseur BC , du sommet, par conséquent si l'on diminuoit cette épaisseur de quelque chose; c'est-à-dire, par exemple, que si au lieu de lui donner 4 pieds 9 pouces 8 lignes, on ne lui donnoit que 3 pieds, la puissance étant toujours supposée la même, il est certain que le revêtement ne seroit plus en équilibre, parce que le bras de levier ID , sera raccourci, & le poids M , diminué, ce qui mettroit la puissance beaucoup au-dessus de la résistance du revêtement: cependant comme on veut maintenir l'un & l'autre en équilibre, on prend le parti de faire des contreforts, & la question se réduit à savoir quelle longueur il faudra leur donner par raport à leur épaisseur, & à la distance où ils seront posés, afin qu'ils suppléent à l'épaisseur qu'on a donnée de moins qu'il ne falloit au sommet BC .

Pour cela nous nommerons BC , ou AE , a ; CE , c ; ED , d ; GA , y ; & nous suposerons que n , marque toute l'épaisseur AD , de la base, afin d'avoir $n = a + d$, & que la puissance P , est toujours exprimée par bf :

cela étant le poids M sera ac , & le poids N , sera $\frac{dc}{2}$; à l'égard du poids L , il seroit exprimé par cy , si le rectangle FA , étoit le profil d'un mur qui regnât sur toute la longueur du revêtement; mais n'étant que celui des contreforts, il faut comme nous l'avons dit dans l'art.

40 avoir

40 avoir égard à leur distance & à leur épaisseur. Or si l'on suppose que de l'espace $LMON$, qui régné derrière le revêtement, il n'y en ait qu'un quart qui soit occupé par les contreforts; c'est-à-dire, que donnant, par exemple, 4 pieds à l'épaisseur BC , ou EF , de chaque contrefort, on en laisse 12 d'intervalle de C , en D , tous les contreforts pourront être exprimés par $\frac{y}{4}$, de même que tout le revête-

ment $ABCD$, par $ac + \frac{cd}{2}$, il ne s'agit donc plus que de réunir les poids L , & N , avec le poids M , pour ne faire ensemble qu'un seul poids O , qui fasse le même effet étant suspendu au point I , par rapport au point d'appui, D , qu'ils font étant suspendus en H , & en K , pour cela l'on fait qu'il faut multiplier le poids N , $(\frac{cd}{2})$ par son bras de levier KD , $(\frac{cd}{3})$ de même que le poids L , $(\frac{y}{4})$ par son bras de levier HD , $(n + \frac{y}{2})$ & diviser chaque produit par le

bras ID , & qu'alors l'on aura $\frac{\frac{yy + 2ny}{8} + \frac{cdd}{3}}{a + \frac{2d}{2}} + ac$, pour la va-

leur du poids O , or multipliant ce poids par son bras de levier ID , l'on aura un produit égal à celui de la puissance P , (bf) par son bras de levier DQ , (c) par conséquent cette équation

$\frac{yy + 2ny}{8} + \frac{cdd}{3} + \frac{caa + 2cad}{2} = bcf$, d'où effaçant c , & faisant passer du premier membre dans le second, les termes où l'inconnue se trouve point, l'on aura $\frac{yy + 2ny}{8} = bf - \frac{aa - 2ad}{2} - \frac{dd}{3}$; si de cette équation l'on fait évanouir la fraction du premier membre & qu'on ajoute nn , de part & d'autre pour rendre le premier membre un carré parfait, l'on aura $yy + 2ny + nn = 8bf - 4aa - 8ad - \frac{8dd}{3} + nn$, d'où extrayant la racine carrée & dégageant l'inconnue, il viendra pour dernière équation $y = \sqrt{8bf - 4aa - 8ad - \frac{8dd}{3} + nn} - n$, qui donne ce que l'on cherchoit.

A P P L I C A T I O N.

Pour savoir en nombre quelle doit être la longueur des contreforts

forts, il faut se rappeler que l'on a supposé que la puissance bf , valoit 52 pieds 6 pouces 4 lignes, que a , valoit 3 pieds, d , 6. & $a + d$, ou n , vaudra donc 9 pieds; ainsi en suivant ce qui est enseigné dans la dernière équation, l'on aura $8bf = 420$ pieds 2 pouces 8 lignes. $4aa = 36$, $8ad = 144$, $\frac{8dd}{3} = 96$, & $nn = 81$. Mais cette équation montre aussi qu'il faut ajouter $8bf$, avec nn ; c'est-à-dire, 420 pieds 2 pouces 8 lignes, avec 81 pour avoir 501 pieds 2 pouces 8 lignes, & qu'il en faut soustraire $4aa$. $8ad$ & $\frac{8dd}{3}$ ou leur valeur 36, 144, 96, qui font 276, & de la différence qui est 225 pieds 2 pouces 8 lignes, en extraire la racine quarrée, qu'on trouvera d'environ 15 pieds, de laquelle soustrayant n , qui vaut 9 pieds, la différence sera 6 pieds pour la valeur de y , ou, si l'on veut, pour la longueur qu'il faudra donner aux contreforts.

Remarque première.

45. Si l'on vouloit que les contreforts & le revêtement au lieu d'être en équilibre par leur résistance avec la puissance P , fussent capables de soutenir l'effort d'une autre puissance qui seroit plus forte d'un quart que celle-ci, il faudroit au lieu de supposer bf , égal à 52 pieds 6 pouces 4 lignes, le supposer de 65 pieds 8 pouces; pour lors les contreforts auront 9 pieds 6 pouces 4 lignes de longueur & non pas 6 pieds.

Remarque seconde.

46. Nous venons de supposer que l'espace $LMNO$, qui regne derrière le revêtement étoit rempli par un quart de maçonnerie & par trois quarts de terre, parce que l'intervalle AB , d'un contrefort à l'autre, est triple de l'épaisseur BC , de chaque contrefort, & c'est pour cela que nous avons divisé la longueur EB , par 4, parce qu'en effet la ligne AC , qui vaut quatre parties égales peut-être regardée comme le dénominateur d'une fraction, dont le numérateur est égal à la partie BC , qui est un quart de toute la ligne AC ; mais si l'on vouloit que les contreforts fussent plus près les uns des autres; en sorte qu'ils ne fussent éloignés, par exemple, que du double de leur épaisseur, pour lors l'étendue qu'occuperont tous les contreforts sera à celui qui regne entre les deux parallèles LM , & NO , comme un est à trois, ce qui fait voir qu'au lieu de diviser la longueur inconnue des contreforts; c'est-à-dire, y par 4, il ne faudroit

H

FIG. 7.

58 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

droit la diviser que par 3, ou par 2, si l'on vouloit que les contreforts ne fussent distans les uns des autres que d'un intervalle égal à leur épaisseur: enfin si l'on vouloit que l'étendue occupée par les contreforts soit à tout l'espace renfermé par les parallèles comme 2 est à 5, il faudroit multiplier y par 2 & le diviser ensuite par 5, parce qu'alors l'on aura $\frac{2y}{5}$ qui exprimera la réduction des contreforts; or comme 5 marque tout l'espace renfermé entre les parallèles, & 2 celui qui est occupé par les contreforts, si l'on retranche donc 2 de 5, il restera 3, & les nombres deux & trois marqueront le rapport de l'épaisseur des contreforts à leur distance: il est bon de faire attention à ceci, quoique ce ne soit qu'une bagatelle, parce que dans le Problème suivant où nous chercherons quel doit être le rapport de l'épaisseur des contreforts à leur distance, cela pourra nous servir.

PROPOSITION TROISIEME.

PROBLEME.

FIG. 6. 47. *Ayant déterminé la longueur AG, des contreforts, l'épaisseur BC, du revêtement, & sa ligne de talud ED, on demande quelle épaisseur il faudra donner aux contreforts par rapport à la distance où il faudra les éloigner les uns des autres pour que toute la Maçonnerie soit en équilibre avec la puissance P, qui tireroit de C, en Q.*

On suppose encore ici, comme on l'a fait ailleurs, que la puissance P , est beaucoup au-dessus de la résistance dont le revêtement $ABCD$, est capable par son poids, & qu'ainsi il faut faire des contreforts pour donner au revêtement la force qui lui manque: or comme dans le Problème précédent, nous avons cherché quelle longueur il falloit donner à ces contreforts pour rencontrer le point d'équilibre, ici l'on suppose que cette longueur a été déterminée, & qu'il s'agit seulement de savoir quel rapport il doit y avoir de l'épaisseur des contreforts à leur distance, afin qu'ils composent ensemble un massif suffisant pour rendre le revêtement capable de soutenir l'effort de la puissance.

Ayant nommé GA, b ; BA, c ; AE, a ; ED, d ; AD, n ; c'est-à-dire

à-dire $n = a + d$, & la puissance P , bf ; comme à l'ordinaire, l'on aura $\frac{cd}{2}$ pour le poids N , & ac , pour le poids M ; quant au poids L , comme il ne doit exprimer qu'une partie du rectangle GFA , on ne peut pas dire que cb , soit la valeur de ce poids, parce que cb , doit être divisé par une certaine grandeur qui détermine le rapport de l'épaisseur des contreforts avec leur intervalle; or comme on ne connoît pas cette grandeur, nous la nommerons x , & pour lors le poids L , fera $\frac{cb}{x}$. Presentement, si l'on réunit les trois poids L , M , N , en un seul O , & qu'on le multiplie par le bras de levier ID , l'on aura un produit égal à celui de la puissance P , par son bras de levier DQ , qui donnera cette équation $\frac{cbh + 2cnb}{2x} + \frac{aac + 2adc}{2} + \frac{cdd}{3} = bfc$, dont je n'explique point les opérations qui l'ont formée, parce qu'elles sont les mêmes que celles de la proposition précédente, il suffira seulement de dire que pour avoir la valeur de l'inconnue x , il faut d'abord effacer c , de toute part, & faire passer $\frac{aa + 2da}{2} + \frac{dd}{2}$ du premier membre dans le second, afin d'avoir $\frac{bb + 2nb}{2x} = bfc - \frac{aa - 2da}{2} - \frac{dd}{3}$ d'où faisant évanouir la fraction du premier membre, il viendra $bb + 2nb = 2xbf - xaa - 2xad - \frac{2xdd}{3}$ or si l'on divise cette équation par $2bf - aa - 2ad - \frac{2dd}{3}$ elle sera changée en celle-ci $\frac{bb + 2nb}{2bf - aa - 2ad - \frac{2dd}{3}} = x$, qui donne la valeur de x .

APPLICATION.

Supposant que la puissance P , soit de 66 pieds, que GA , ou b , soit de 7 pieds, ED , ou d , de 6, AE , ou a , de 3, l'on aura 9 pour la valeur de n : cela posé, le dividende de l'équation précédente sera 175, & le diviseur sera 63, ainsi faisant la division, l'on aura pour quotient $2 + \frac{7}{9}$ ou ce qui est la même chose $\frac{25}{9} = x$, c'est-à-dire, qu'il faut diviser cb , par $\frac{25}{9}$ mais comme $\frac{cb}{\frac{25}{9}}$ est la

H 2

même

même chose que $\frac{9cb}{25}$, l'on voit que suprimant cb , qui est inutile, & retranchant le numerateur du dénominateur, il vient $\frac{9}{16}$ qui marque le raport de l'épaisseur qu'il faut donner aux contreforts avec l'intervalle dont ils doivent être éloignés les uns des autres; c'est-à-dire, par exemple, que si l'on donnoit 4 pieds $\frac{1}{2}$ d'épaisseur aux contreforts, il faudroit les construire à 8 pieds les uns des autres.

PROPOSITION QUATRIEME.

PROBLEME.

FIG. 6.

48. *Ayant déterminé la longueur GA, des contreforts, leur épaisseur & leur distance, de même que la ligne de ED, & la hauteur CE, l'on demande quelle épaisseur il faudra donner au sommet BC, du revêtement pour qu'il soit en équilibre par son poids avec une puissance qui tire-roit de C, en Q.*

Nous nommerons GA, b ; ED, d ; la hauteur CE, c ; l'épaisseur BC , ou AE, x ; & la puissance bf , comme à l'ordinaire; or comme l'on suppose que l'espace occupé par les contreforts est à toute l'étendue $LMNO$, comme 2 est à 5, la réduction des contreforts, ou si l'on veut, la valeur du poids L , fera donc $\frac{2bc}{5}$, le poids M ,

fera xc , & le poids N , $\frac{cd}{2}$; si présentement l'on réunit ces trois poids dans un seul O , & qu'on multiplie ensuite ce poids par le bras ID , l'on aura comme ci-devant un produit égal à celui de la puissance P , par son bras de levier DQ , par conséquent cette équation

$\frac{xc}{2} + xcd + \frac{2xbc}{5} + \frac{bbc}{5} + \frac{2bdc}{5} + \frac{ddc}{3} = bfc$, d'où faisant passer du premier membre dans le second les termes où l'inconnue ne se trouve

point, & divisant le tout par c , l'on aura $\frac{xx}{2} + xd + \frac{2xb}{5} = bf - \frac{bb}{5} - \frac{2bd}{5} - \frac{dd}{3}$, mais si l'on suppose $x = d + \frac{2b}{5}$ l'on aura xx ,

$= dx + \frac{2bx}{5}$ & mettant xx , à la place de sa valeur dans l'équation pré-

précédente, & multipliant le tout par 2 pour faire évanouir la fraction $\frac{xx}{2}$ elle fera changée en celle-ci, $xx + 2nx = 2bf - \frac{2bb}{5} - \frac{4db}{5} - \frac{2dd}{3}$ à laquelle ajoutant nn , de part & d'autre, il viendra $xx + 2nx + nn = 2bf + nn - \frac{2bb}{4} - \frac{4db}{5} - \frac{2dd}{3}$; or si de cette équation l'on en extrait la racine quarrée, & qu'on dégage ensuite l'inconnuë, on aura cette dernière équation,

$x = \sqrt{2bf + nn - \frac{2bb}{4} - \frac{4db}{5} - \frac{2dd}{3}} - n$, qui donne ce que l'on cherche.

APPLICATION.

Si l'on suppose que la puissance bf , soit de 55 pieds & que GA , (b) soit de 5, & la ligne de talud ED , de 4, l'on n'aura qu'à faire les mêmes opérations par les nombres que celles qui sont indiquées dans la dernière équation, & l'on trouvera que l'épaisseur BC , ou AE , doit être de 4 pieds 5 pouces 4 lignes, pour que le revêtement joint aux contreforts soit en équilibre avec la puissance.

Remarque.

49. Après qu'on aura trouvé le point d'équilibre au sujet de quel qu'un des Problèmes précédens, on pourra mettre le revêtement & les contreforts au-dessus de la poussée des terres, soit en donnant un peu plus d'épaisseur au sommet, ou en augmentant la ligne de talud ou la longueur des contreforts, je n'en donne point d'exemple, parce que ceci peut se faire sans aucune difficulté.

Examen des différentes Figures qu'on peut donner à la base des contreforts.

50. On a infinué au commencement de ce Chapitre, qu'il falloit avoir égard à la figure qu'il convenoit de donner à la base des contreforts, selon les differens usages des murs auxquels ils seroient appliqués; comme c'est ici l'endroit d'en examiner toutes les circonstances, voici ce qui m'a paru qu'on pouvoit dire sur ce sujet.

Quand il s'agit des murs qui ne soutiennent aucune poussée comme sont ceux de clôture, & qu'on juge à propos d'y faire des con-

trefforts, il semble qu'il est assez indifférent de donner à leur base telle figure que l'on voudra, parce que dans ce cas, les contreforts ne servent guère qu'à donner plus d'affiette aux murs, & comme on a coutume de faire leur base rectangulaire, il ne sera pas mal de suivre l'usage, c'est pourquoi nous ne nous y arrêterons point.

FIG. 9.

Mais quand les contreforts sont appliqués derrière des revêtemens, qui doivent soutenir des terres & autres poids considérables, la base qui convient le mieux est de la faire comme *ECDF*; c'est-à-dire, lui donner plus de largeur à la queue *CD*, qu'à la racine *EF*, parce que le centre de gravité au lieu d'être dans le milieu de sa longueur, comme au rectangle *AB*, sera plus éloigné du point d'appui, par conséquent le bras de levier, qui répond au poids, devenant plus long, le revêtement sera capable d'une plus grande résistance qu'auparavant avec la même quantité de maçonnerie; & si j'ai supposé rectangulaire la base des contreforts qui ont eu lieu dans les propositions précédentes, ce n'est pas que j'aie voulu montrer qu'il falloit la faire ainsi, ç'a été seulement pour agir avec plus de simplicité.

FIG. 9.

Si les contreforts sont en dehors, c'est-à-dire, opposés à la poussée de la puissance qui agit, comme aux piés-droits des Voûtes, il faut au contraire faire leurs bases plus larges à la racine qu'à la queue comme *IHGK*, parce que le centre de gravité sera plus éloigné du point d'appui, & que le bras de levier qui répond au poids se trouvera encore allongé comme dans le cas précédent; mais dans un sens contraire, ce qui donnera beaucoup plus de force aux piés-droits & aux contreforts. Je ne parle pas de plusieurs autres figures qu'on pourroit donner à la base des contreforts pour fortifier encore davantage les revêtemens, parce que ces figures dépendroient de certaines courbes qu'il seroit bien difficile de faire entendre, non-seulement aux maçons, mais même à ceux qui les dirigent, j'ai de la répugnance aussi-bien qu'eux pour tout ce qui n'est pas d'une utilité essentielle, sur-tout dans les choses qui demandent d'être exécutées par des voyes simples.

FIG. 8.
& 9.

Mais pour juger exactement de la résistance dont les revêtemens peuvent être capables par rapport à la figure qu'on donnera à leurs contreforts, nous supposerons que le profil *LT*, appartient à trois revêtemens différens, dont le premier auroit tous ses contreforts comme *AB*, le second comme *CF*, & le troisième comme *HK*; que ces contreforts sont égaux en superficie, & que par conséquent la quantité de maçonnerie est égale pour chacun des revêtemens.

Cela

Cela posé, remarquons que dans le rectangle AB ; le centre de gravité est au point O , milieu de la longueur LR (par l'art. 1.) qui répond aussi au profil; mais qu'il n'en est pas de même de l'autre plan CF , puisque pour avoir son centre de gravité, selon l'art. 10. il faut diviser la ligne LR , en trois également, ensuite couper la partie du milieu MQ , au point N , de manière que NM , soit à NQ , comme EF , est à CD ; or ayant fait CD , double de EF , NQ , sera double de NM , par conséquent le point N , sera le centre de gravité; mais dans le profil, le poids qui exprimera le contrefort pèsera plus en N , qu'en O , dans la raison de NZ , à OZ , qu'on doit regarder comme des bras de leviers dont le point d'appui est en Z , par conséquent le contrefort CF , résistera plus que AB , dans la raison des lignes NZ , & OZ .

Cependant le contrefort CF , résistera encore bien davantage que HK , si la ligne GK , est double de HI , car pour lors MP , sera double de PQ , parce que le centre de gravité sera au point P , & le poids qui y sera suspendu ne pèsera pas tant que s'il étoit en O , & encore moins que s'il étoit en N , dans la raison que PZ , sera plus petit que NZ .

Il suit de ce que l'on vient de dire, que plus les lignes égales CD , & GK , seront plus grandes que EF , & HI , plus le contrefort CF , aura sa résistance au-dessus de HK , quand les bases de ces deux contreforts seront égales en superficie.

Voulant exprimer d'une manière générale, la résistance dont chacun des trois revêtements est capable, nous nommerons RV , a ; VZ , d ; VT , c ; RZ , q ; LR , b ; & le tiers de la même ligne LR , n ;

l'on aura $\frac{aac + 2acd}{2} + \frac{cdd}{3}$ pour le rectangle RT , & le triangle de talud réuni autour du point T , multiplié par le bras de levier TZ ; d'autre côté cb , exprimera la valeur du rectangle des contreforts, & si l'on suppose que selon l'Article 46, la maçonnerie de ces contreforts occupe un tiers de l'espace qui est entre la queue & la racine, l'on aura $\frac{cb}{3}$ pour la valeur des contreforts réduite, qu'il faut multiplier par les bras des leviers $OZ \left(\frac{2q+3n}{2} \right) NZ \left(\frac{3q+5n}{3} \right) PZ \left(\frac{3q+4n}{3} \right)$ dont les produits seront $\frac{2cbq + 3cbn}{6}$, $\frac{3cbq + 5cbn}{9}$, $\frac{3cbq + 4cbn}{9}$ qu'il faudroit diviser par TZ , pour réunir chaque poids au point T ; mais comme ces grandeurs doivent-êtré ensuite multipliées

tipliées par la même ligne TZ , quand on voudra former les équations des poids & des puissances par leur bras de leviers, on se contentera d'ajouter chacun de ses produits avec $\frac{aac + 2acd}{2} + \frac{ddc}{3}$ ainsi nommant x , la puissance qui sera en équilibre avec le premier revêtement des contreforts AB , l'on aura $\frac{aa + 2ad}{2} + \frac{dd}{3} + \frac{2bq + 3bn}{6} = x$, nommant y , celle du revêtement dont les contreforts seront comme CF , l'on aura $\frac{aa + 2ad}{2} + \frac{dd}{3} + \frac{3bq + 5bn}{9} = y$, enfin nommant z , la puissance qui est en équilibre avec la résistance du revêtement, dont les contreforts sont comme HK , l'on aura $\frac{aa + 2ad}{2} + \frac{dd}{3} + \frac{3bq + 4bn}{9} = z$, par conséquent si on donne des valeurs en nombre aux lignes qui sont exprimées par les lettres qui composent les premiers membres des équations précédentes, il sera aisé de connoître le rapport des trois puissances, x, y, z , qui fera voir de combien ces revêtemens ont plus de force les uns que les autres.

Il suit de tout ce que l'on vient de voir, que si l'on veut faire des revêtemens qui ayent la même hauteur, & des poussées égales à soutenir, que pour les mettre en équilibre, on sera contraint de donner plus d'épaisseur au sommet de ceux qui auront leurs contreforts comme HK , que s'ils les avoient comme CF .

Je ne fais par quelle raison on fait ordinairement les contreforts des revêtemens de fortification plutôt comme HK , que comme CF , si ce n'est pour les lier davantage à la muraille, puisque si l'on en excepte ce motif qui est de conséquence, sur-tout quand on n'a pas de bons matériaux, on ne peut pas douter qu'il ne faille beaucoup plus de maçonnerie, selon la première manière, que selon la seconde, pour faire le même effet: il y en a qui veulent que ce soit pour diminuer la poussée des Terres; mais c'est une erreur, puisqu'elles agiront de même, de quelque façon que les contreforts soient, comme il est aisé de le prouver. D'autres prétendent que c'est afin qu'ils soutiennent plus long-tems la violence du Canon quand on bat en brèche, & qu'ils empêchent que la chemise d'un Ouvrage ne soit pas si-tôt ruinée: cette raison n'est pas meilleure que la précédente, comme on le va voir.

Suposant que la muraille ait été ruinée jusqu'à la racine des contreforts, on fait bien que quand les batteries des assiégeans en sont là, les contreforts ne sont pas un petit obstacle à l'avancement de la

la brèche, puisqu'ayant moins de prise que le reste, ce n'est pas sans difficulté que l'ennemi parvient à les raser, au point de rendre la brèche praticable. Or, la question se réduit à savoir lequel des deux contreforts *CF*, ou *HK*, soutiendra plus long-tems le choc des boulets ; pour en juger, nous les examinerons comme s'ils étoient détachés du revêtement.

On ne peut pas disconvenir que la face *FH*, étant celle qui se présente à l'ennemi, ne soit plutôt détruite que l'autre *BC*, parce que les angles aigus *F*, & *H*, ont peu de solidité ; & comme ce qui restera du contrefort va toujours en diminuant vers la queue, l'ébranlement augmentant à mesure que les premières parties seront détachées, la destruction totale sera bien-tôt achevée.

FIG. 10.
& 11.

Il n'en est pas de même selon l'autre figure ; car comme la face *BC*, présente un plus petit front, elle sera moins en prise, les angles obtus *B* & *C* se soutiendront davantage que les autres *F* & *H*. D'ailleurs les faces *AB*, & *BC*, ne se présentant que de biais, le boulet ne les choquera point avec la force absolue, ainsi la destruction ne pourra se faire que successivement, à mesure que les parties qui sont immédiatement derrière la ligne *BC*, seront détruites ; & je ne doute nullement que s'il faut 40 coups de Canon pour raser le contrefort *FH*, il n'en faille plus de 60 pour le contrefort *AC* ; & comme il arrivera la même chose à tous les autres qui accompagneront ce dernier dans l'étendue de la brèche, on ne peut pas contester qu'un revêtement dont les contreforts sont plus épais à la queue qu'à la racine, ne se soutiennent bien plus long-tems que s'ils étoient faits comme on les pratique ordinairement. Au reste je ne veux rien décider absolument là-dessus, j'expose mes réflexions, on en fera l'usage qu'on jugera à propos ; ce que je pourrois dire pour justifier ce que j'avance quelquefois, qui n'est pas conforme à l'usage, c'est que je ne rapporte rien qui ne soit établi sur des démonstrations.

Pour lier cette dissertation avec les propositions de ce Chapitre, il est à propos de faire remarquer, que soit qu'on se serve des contreforts comme *CF*, ou comme *HK*, on résoudra tous les Problèmes précédens de la même façon que si ces contreforts étoient comme *AB*, puisqu'il n'y aura d'autre différence que dans la situation du centre de gravité ; c'est pourquoi quand ils seront comme *CF*, il faudra multiplier la superficie des contreforts par la ligne *NZ*, & quand on les fera comme *HK*, il faudra la multiplier par *PZ*, & non pas par *OZ*, à cause que le bras de levier est augmenté dans le premier cas, & diminué dans le second : à cela près, tout

FIG. 9.

le reste se fera comme il a été enseigné.

Mr. *Delormes*, me voyant travailler à cet Ouvrage, me dit qu'ayant démoli dans la dernière Guerre plusieurs Places du Duc de Savoye, entr'autres *Pignerol*, *Vercelles*, *Hivré*, & *Verné*, il avoit remarqué que tous les contreforts des revêtemens de ces Places étoient liés ensemble par une Arcade, qui alloit se terminer à la hauteur du cordon, & qu'au-dessus des Arcades & des contreforts, il regnoit une espece de banquette sur laquelle reposoit la plus grande partie des Terres du Parapet : cela lui a fait penser, que pour fortifier les revêtemens contre la poussée des Terres, l'effet du Canon, & empêcher que la brèche ne se fit si-tôt, on pourroit dans l'entre-deux des contreforts faire une Arcade, qui, régnañt sur toute leur longueur, contribueroit beaucoup à rendre le revêtement plus solide, sans être obligé de lui donner tant d'épaisseur au sommet, sur-tout quand il s'agiroit d'une hauteur de Rempart considérable ; & son dessein seroit, que faisant ces Arcades en plein ceintre, la hauteur sous la clef fut environ les deux tiers de toute la hauteur du revêtement ou des contreforts depuis la retraite jusqu'au cordon. L'avantage de cette construction est que l'ennemi, après avoir ruiné la chemise, seroit encore, non-seulement dans la nécessité de battre les contreforts, mais aussi de détruire les Arcades qui seroient d'un grand obstacle à l'éboulement des Terres & à l'avancement de la brèche ; desorte qu'à le bien prendre, il auroit deux revêtemens pour un à ruiner.

Je viens d'apprendre que Mr. *du Vroier*, Ingénieur en Chef de Charlemont, a proposé depuis peu un nouveau système de revêtement, dans lequel il employe quatre Arcades l'une sur l'autre pour lier les contreforts ; & par-là le revêtement devient si solide, qu'il lui suffit de donner trois pieds d'épaisseur sur la retraite comme au sommet, parce qu'il est fait à plomb devant & derrière, sans doute pour ne point exposer le parement aux injures de l'air, qui est une précaution que j'approuverai toujours, malgré tout ce que j'ai pu dire en faveur des taluds ; mais comme ce n'a été que dans l'esprit d'une Théorie qui ne doit rien laisser échapper de tout ce qui mérite quelque attention, j'ai toujours entendu, que quand il seroit question d'élever des murs, on ne doit point se servir de mes remarques au préjudice des attentions qu'on doit avoir dans la pratique par raport à la qualité des matériaux qu'on employe & aux autres circonstances inséparables de l'objet que l'on a en vûe : pour tout dire en un mot, quand on aura occasion de donner beaucoup de talud à un mur sans qu'il devienne contraire à sa durée, on ne doit

doit point y manquer, parce qu'il faudra moins de Maçonnerie ; mais si l'on s'aperçoit qu'il puisse devenir nuisible dans la suite, il vaut mieux lui en donner moins & ne point s'embarasser si l'on emploie plus de matériaux, il arrivera toujours que si l'on perd d'un côté l'on gagnera de l'autre.

Je prévois que bien des gens, qui ne jugent des choses que superficiellement, & même souvent sans les entendre, diront peut-être après avoir lû ce que je viens d'écrire, que j'aurois pû me dispenser de prendre tant de peine pour développer un sujet sur lequel on fait à quoi s'en tenir depuis long-tems, puisque je ne dois point ignorer que Mr. de Vauban a donné un Profil qui convient à toute sorte de Rempars. Je ne disconviens pas que ce Profil ne soit bien imaginé : mais, qu'il me soit permis de demander si l'on a quelque certitude de la justesse de ses dimensions ; car, comme il n'est établi sur aucun principe démontré, il pourroit bien n'être pas si juste qu'on se l'est imaginé : ce n'est pas au reste que je veuille en diminuer le mérite, je fais trop de cas de tout ce qui vient de son illustre Auteur, pour m'emanciper dans une censure, qui me feroit mal ; mais, comme le respect qu'on doit à la memoire des grands-hommes ne nous oblige point à recevoir aveuglement tout ce qui vient d'eux, je vais faire un Parallele du Profil général avec les Régles que je viens d'établir.

51. *Parallele du Profil general de Mr. de Vauban avec les Régles des Chapitres précédens.*

Mr. de Vauban s'étant aperçu que les anciens Ingenieurs n'étoient point d'accord sur les dimensions qu'il falloit donner aux revêtemens de Maçonnerie, les uns les faisant d'une épaisseur extraordinaire, & les autres leur donnant à peine celle qu'il falloit pour soutenir le poids des Terres, a établi un Profil general accommodé à toutes sortes de hauteurs de Rempars depuis dix pieds jusqu'à quatre-vingts ; & quoiqu'il soit assés connu de ceux qui s'appliquent aux Fortifications, il m'a paru que je ne ferois pas mal d'en donner l'Explication telle qu'on la tient de Mr. de Vauban lui-même, avant d'entrer dans aucun détail, afin qu'on puisse verifier mes Observations, sans être obligé d'aller chercher ce Profil ailleurs.

Explication qui est relative au Profil de Mr. de Vauban.

1°. Dans le Pays où la Maçonnerie est fort bonne, on peut fixer l'épaisseur au sommet à quatre pieds & demi ; mais dans les lieux où elle ne le fera pas, il faudra l'augmenter jusqu'à cinq pieds six pouces, & même plus, si elle est fort mauvaise.

I 2.

Que

FIG. 12.

2°. Que les contreforts aux angles faillans doivent être redoublés & brasés de part & d'autre par rapport aux lignes droites qui forment ces angles.

3°. Qu'ils seront toujours élevés à plomb à l'extrémité & par les côtés, & bien liés au corps de la muraille.

4°. Que les contreforts seront élevés aussi haut que le cordon; ils seroient encore meilleurs, si on leur donnoit deux pieds de plus pour le soutien du Parapet.

5°. Que dans les Ouvrages où le revêtement n'est élevé qu'à moitié ou aux trois quarts du Rempart, & le surplus en gasons en placage, il faudra régler son épaisseur comme s'il devoit être élevé en Maçonnerie jusqu'au sommet du rempart: par exemple, si on élevoit quinze pieds en gason au-dessus du revêtement, il faudroit augmenter l'épaisseur au sommet de trois pieds, avec cinq qu'elle auroit déjà, pour en avoir huit à la naissance du gason.

6°. Qu'il faut augmenter la grandeur & la solidité des contreforts à proportion de l'élevation du revêtement: par exemple, si le revêtement a 35 pieds de haut, savoir 20 en revêtement & 15 en gason, il faudra y faire les contreforts qui ont été réglés par le Profil de 35 pieds de haut, & que le revêtement ait la même épaisseur à 20 pieds de haut comme s'il en avoit 35.

7°. Que dans les endroits où on fera des Cavaliers comme à Maubeuge, il faudra augmenter le sommet du Profil d'un demi pied d'épais pour chaque cinq pieds que le Cavalier sera élevé au-dessus du revêtement, & la solidité des contreforts à proportion: ce qui doit s'entendre des gros revêtemens de la place, & non pas de ceux que l'on fait quelque fois aux Cavaliers, & seulement quand le pied du Cavalier approche de trois à quatre toises du Parapet.

8°. Que les deux dernières Colonnes de la Table portent en toises, pieds, & pouces cubes, ce que chaque toise courante de tous ces différens Profils en contient, réduction faite des contreforts.

9°. Que ces Profils ne sont proposés que pour la Maçonnerie qui doit soutenir de grands poids de Terre nouvellement remuée, & non pas celle qu'on endosse contre la terre vierge, qui ne l'a pas encore été comme sont la plupart des revêtemens de Fossés.

Mr. de Vauban rapporte, à la suite de cette Explication, une Table composée de plusieurs Colonnes, où les Dimensions de chaque Profil particulier qu'on voit contenuës dans la figure, sont rapportées & proportionnées à ce qu'il dit, au poids des Terres qu'ils auront à soutenir; & pour en marquer la bonté, il ajoute qu'on l'a expérimentée sur plus de 500000 toises cubes de Maçonnerie bâties à 150 Places fortifiées par les ordres de Louis le Grand. TA-

T A B L E

Pour expliquer les Dimensions contenues au Profil général de Mr. de Vauban.

Hauteur des pro- fils ou revête- mens.	Epaisseur des re- vêtemens au som- met.	Epaisseur des re- vêtemens sur la re- traite.	Distance du milieu d'un con- trefort à l'autre.	Distance du milieu d'un con- trefort à l'autre.	Longueur des con- treforts.	Epaisseur des con- treforts à la racine.	Epaisseur des con- treforts à la queue.	Solidité de la Ma- çonnerie par toises courantes, les con- treforts étant de 18 pieds en 18 pieds.	Solidité de la Ma- çonnerie par toises courantes les contreforts étant de 15 pieds en 15 pieds.
pieds.	pieds.	pieds.	pieds.	pieds.	pieds.	pieds.	pi. po.	pie. pou. lig. poi.	pie. pou. lig. poi.
10	5	7	18	15	4	3	2. 0	2. 0. 11. 1	2. 1. 1. 4
20	5	9	18	15	6	4	2. 8	4. 5. 0. 5	4. 5. 9. 4
30	5	11	18	15	8	5	3. 4	8. 3. 3. 1	8. 5. 1. 4
40	5	13	18	15	10	6	4. 0	13. 2. 6. 2	14. 0. 2. 8
50	5	15	18	15	12	7	4. 8	19. 3. 8. 10	20. 4. 2. 8
60	5	17	18	15	14	8	5. 4	27. 1. 10. 2	29. 6. 2. 8
70	5	19	18	15	16	9	6. 0	36. 3. 9. 4	39. 3. 4. 0
80	5	21	18	15	18	10	6. 8	47. 4. 5. 4	51. 2. 8. 0

Tous les revêtemens depuis 10 pieds jusqu'à 80 sont supposés avoir pour talud la cinquième partie de la hauteur, comme on en peut juger par la figure générale : quoique la plupart des Ingenieurs trouvent ce talud trop grand, Mr. de Vauban l'a pourtant suivi dans toutes les Places qu'il a fait bâtir ; & comme il y a aparence qu'il n'ignoroit pas les raisons que l'on a aujourd'hui d'en donner moins, il faut croire qu'il ne les a pas jugé assés fortes pour y avoir égard.

Pour ne pas se méprendre dans l'usage de cette Table, j'ajoute-
rai au sujet des contreforts, que Mr. de Vauban propose de les faire
de 18 pieds en 18 pieds, comme on le voit dans la quatrième co-
lonne, ou bien de 15 pieds en 15 pieds, comme il est marqué dans
la cinquième ; c'est-à-dire, que si l'on estimoit que le revêtement
d'un des Profils, dont on voudroit se servir, ne fût point assés solide
pour soutenir le poids des Terres, au lieu de donner 18 pieds du
milieu d'un contrefort à l'autre, on n'en donneroit que 15 : aparam-
ment que son dessein a été qu'on en usât ainsi, lorsque le revêtement

auroit à soutenir quelque chose de plus que le Rempart ordinaire, comme feroit, par exemple, un Cavalier ou quelque retranchement, puisque dans les Fortifications de Landau, du neuf-Brifac, de Bèfort, &c. il les a mis à la distance de 18 pieds : mais, d'une façon comme de l'autre, il donne toujours les mêmes Dimensions aux contreforts ; c'est-à-dire, que soit qu'on les fasse de 15 pieds en 15 pieds, ou de 18 en 18 ; ils ont la même longueur & la même épaisseur à la racine qu'à la queue, comme on le voit dans la Table.

Comme il entre plus de maçonnerie dans les revêtemens, dont les contreforts sont de 15 pieds en 15 pieds, que dans ceux où ils sont de 18 en 18, il a donné les deux dernières colonnes de la Table : dans la penultième on y trouve en toises, pieds, & pouces cubes (comme il l'a dit dans le huitième article de son Explication) la valeur d'une toise courante des revêtemens, y compris les contreforts réduits, lorsqu'ils sont de 18 pieds en 18 pieds ; & la dernière est aussi la valeur d'une toise courante des mêmes revêtemens lorsqu'ils ne sont que de 15 p. en 15 p. Mais on remarquera que cette valeur de la toise courante, dans l'une & l'autre colonne, ne doit être comptée que pour la maçonnerie des revêtemens au-dessus de la retraite, parce qu'il n'y est pas question des fondemens, à cause que la différence du terrain peut les rendre plus profonds dans un endroit que dans l'autre.

On remarquera encore, que selon ce qui est rapporté dans la septième & huitième colonne, aussi-bien qu'au Profil général, tous les contreforts sont plus épais à la racine qu'à la queue, & que cette épaisseur de la queue est les deux tiers de celle de la racine, laquelle va toujours en augmentant d'un pied à mesure que la hauteur des revêtemens augmente de 10, & que la longueur des mêmes contreforts augmente de deux pieds en suivant encore la proportion des hauteurs.

Aux contreforts dont j'ai parlé dans l'art. 50. j'ai supposé que la racine *GK*, étoit double de la queue *HI*, parce que voulant les disposer dans un sens contraire, comme au contrefort *CF*, pour les raisons que j'en ai donné, il me parût qu'il valoit mieux faire la ligne *EF*, moitié de *CD*, que si elle en étoit les deux tiers, à cause que selon l'art. 50. plus la queue des contreforts sera au-dessus de la racine, plus le revêtement aura de force ; c'est pourquoi je n'ai point suivi la pratique de Mr. de Vauban.

FIG. 9.

Si l'on prend garde à la seconde colonne de la Table, l'on verra que les revêtemens, à quelque hauteur qu'on veuille les faire, doivent toujours avoir cinq pieds au sommet, ainsi ils ne sont augmen-

mentés en épaisseur que sur la retraite, de la quantité dont la ligne de talud devient plus grande à mesure que l'élevation est plus considérable, ce qui ne rendroit pas ces revêtemens proportionnés à la poussée qu'ils ont à soutenir, si ce défaut n'étoit réparé en partie par l'augmentation qu'on doit faire aux contreforts, selon ce qui est dit dans le sixième article de l'explication. Mais, voilà le Profil général suffisamment détaillé, passons au Parallele que je me suis proposé.

Quand on est accoutumé d'agir selon les principes des Mathématiques, on se fait aisément des difficultés: à moins que l'évidence ne régné dans tout ce que l'on nous donne pour juste, l'esprit n'est point satisfait; & ce qui paroît indubitable aux yeux de tout le monde, donne souvent de grands sujets d'inquiétude aux Géomètres. J'ai été long-tems dans cette disposition à l'occasion du Profil général de Mr. de Vauban: ce Profil, me suis-je dit plusieurs fois, doit être bon, puisque l'on s'en est toujours servi avec succès. Cela vient-il de ce que les revêtemens qu'on y propose sont en équilibre avec la poussée des Terres? Ou seroit-ce à cause qu'ils sont tellement au-dessus de cette poussée, qu'il ne peut jamais leur arriver d'être renversés? Si ç'en est-là la raison, on employe peut-être sans le savoir une grande quantité de maçonnerie superflue: si au contraire ils n'ont que les dimensions qui leur conviennent pour être un peu au-dessus de la poussée des Terres, on ne peut pas s'hazarder à élever sur un Rempart, comme on le fait quelquefois, des Cavaliers, des retranchemens, ou quelque autre Ouvrage, pour se couvrir contre les commandemens, parce que le revêtement, se trouvant trop foible pour soutenir cette nouvelle charge, pourroit culbuter dans le Fossé, comme cela n'est pas sans exemple. Ces réflexions me faisoient sentir qu'il falloit savoir calculer la poussée des Terres pour y proportionner les revêtemens quand on vouloit les construire, ou bien pour savoir de quelle force ils étoient capables après qu'étant une fois construits, on vouloit augmenter la charge. Or, comme c'est-là ce que nous nous proposons d'examiner ici, nous nous atacherons aux six premiers revêtemens du Profil général, parce qu'il y a apparence qu'il en sera des autres qui les suivent comme de ceux-ci, & nous commencerons par chercher quelle est la puissance avec laquelle chacun d'eux doit être en équilibre, en leur supposant les mêmes dimensions qui leur répondent dans la Table.

Faisant abstraction de la petite muraille *CN*, à laquelle nous n'aurons point égard, parce qu'elle est toujours la même dans cha-
que

FIG. 13.

que Profil, & que d'ailleurs elle n'est plus guère d'usage, nous nommerons l'épaisseur AC , ou BD , a ; la hauteur CD , c ; la ligne de talud DE , d ; la longueur GB des contreforts b ; la distance KE , du centre de gravité des contreforts au point d'appui, n ; & le rapport de l'espace qu'occupe chaque contrefort à l'intervalle où ils sont du milieu de l'un au milieu de l'autre, sera exprimé par $\frac{p}{q}$.

Cela posé, si l'on multiplie cb par $\frac{p}{q}$ l'on aura $\frac{pcb}{q}$ pour la valeur des contreforts réduite, laquelle étant multipliée par le bras de levier EK , (n) il viendra $\frac{pcb n}{q}$; multipliant de même le poids R , ($\frac{dc}{2}$) par son bras de levier ME , ($\frac{2d}{3}$) & le poids Q , (ac) par le sien LE ; ajoutant ces trois produits ensemble, l'on aura $\frac{pcb n}{q} + \frac{2acd + aac}{2} + \frac{cdd}{3}$, pour la valeur des poids P , Q , R , réunis au point L , & multipliée par le bras de levier LE , selon l'art. 22. égale au produit du bras de levier AB , ou ES , par la puissance que l'on cherche, laquelle étant nommée x , donne, en effaçant c , $\frac{pbn}{q} + \frac{2ad + aa}{2} + \frac{dd}{3} = x$, qui est une équation générale qui conviendra à tel Profil de revêtement que l'on voudra, puisqu'il ne faudra avoir égard qu'à la valeur des lettres.

Voulant appliquer cette équation à un revêtement de 20 pieds de hauteur, on aura recours à la Table de Mr. de Vauban, pour voir les mesures qui lui appartiennent, & l'on trouvera que $d = 4$, $a = 5$, $b = 6$, $n = 11$ pieds, 9 pouces, 6 lignes, comme l'épaisseur des contreforts est les deux tiers de celle de la racine, & que par conséquent ces contreforts ont leur bases trapezoïdes: remarqués que prenant le Profil GC , pour celui sur lequel nous opérons présentement, la ligne BG , selon l'art. 10. doit être divisée en trois parties égales, & celle du milieu HI , coupée de façon au point K , pour avoir le centre de gravité, que KI , soit à KH : dans la raison de l'épaisseur de la queue à celle de la racine, j'entends comme 2 est à 3, ainsi KI , sera les $\frac{2}{5}$ de HI , ou IB , mais comme la toute GB , vaut 6, HI , ou IB , ne vaudra que 2, à quoi ajoutant les $\frac{2}{5}$ du même IB , l'on aura 2 pieds, 9 pouces, 6 lignes pour la valeur de KB , qui étant jointe à BE , ($a + d$) l'on aura 11 pieds, 9 pou-

9 pouces 6 lignes pour la valeur de n ; pour savoir aussi ce que doit valoir $\frac{p}{q}$, considérés que p , doit marquer l'épaisseur de chaque contrefort, & q , l'intervalle de leur milieu: ajoutant donc les dimensions de la racine avec celles de la queue, telles qu'on les trouve dans la Table, je veux dire 4 pieds, avec 2 pieds 8 pouces, l'on aura 6 pieds 8 pouces, dont la moitié qui est 3 pieds 4 pouces, sera l'épaisseur moyenne des contreforts, par conséquent la valeur de p ; quant à celle de q , elle fera toujours 18, parce que c'est la distance du milieu d'un contrefort à l'autre, ainsi $\frac{p}{q}$ fera la même chose que $\frac{40}{216}$ ou bien $\frac{5}{27}$, multipliant cette quantité par la valeur de nb , l'on trouvera 12 pieds 5" pouces pour $\frac{pbn}{q}$, l'on trouvera aussi que $\frac{2ad + aa}{2}$ vaut 32 pieds 6 pouces, & $\frac{dd}{3}$ 5 pi. 4 pouces.

Joignant donc tous ces nombres ensemble, il viendra 50 pieds 4 pouces 10 lignes pour la valeur de x ; c'est-à-dire, pour la puissance avec laquelle le revêtement de 20 pieds du Profil général peut être en équilibre; c'est en faisant les mêmes calculs avec toute la précision imaginable, que j'ai trouvé que le revêtement de 10 pieds de hauteur étoit en équilibre avec une puissance de 28 pieds 10 pouces; celui de 20, avec 50 pieds 4 pouces 10 lignes; celui de 30, avec 81 pieds un pouce; celui de 40, avec 123 pieds 10 pouces; celui de 50, avec 175 pieds 10 pouces; enfin celui de 60, avec 237 pieds, 7 pouces.

Pour savoir présentement le rapport de la résistance de chacun de ces revêtements avec les puissances qui exprimeroient la poussée des Terres qu'ils ont à soutenir, il faut chercher la valeur de ces puissances pour 10, 20, 30, 40, 50, & 60 pieds de hauteur dans la troisième colonne de la Table que nous avons donnée art. 37. & l'on trouvera qu'elles sont équivalentes à 15 pieds 7 pouces; 41 pieds 5 pouces; 75 pieds 4 pouces; 117 pieds 8 pouces; 170 pieds un pouce & à 233, qui étant comparés avec la résistan-

ce des revêtements, l'on aura $\frac{15}{28}, \frac{41}{51}, \frac{75}{82}, \frac{117}{124}, \frac{170}{176}, \frac{233}{237}$, ou à peu-près $\frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{1}{8}, \frac{1}{19}, \frac{1}{29}, \frac{1}{58}$, ce qui fait voir que le revêtement de 10 pieds selon le Profil général est en état de soutenir une poussée double de celle qu'il soutient naturellement; que celui de

K

20, est

20, est au-dessus de l'équilibre d'un quart de la résistance qu'il lui faut; celui de 30, n'est au-dessus de l'équilibre que d'un huitième; celui de 40, d'un dix-neuvième; celui de 50, d'un vingt-unième; & celui de 60, d'un cinquante-huitième.

Comme les rapports précédens ont été trouvez par des règles incontestables, on ne peut donc douter que, dans le Profil général, la résistance des revêtemens ne diminuë à proportion qu'ils ont plus d'élevation, puisque tandis que celui de 10 pieds est au-dessus de l'équilibre de toute la poussée qu'il devoit soutenir naturellement, celui de soixante n'a sa résistance que d'un cinquante-huitième au-dessus de l'équilibre, qui étant une difference fort petite, on peut regarder ce revêtement comme en équilibre avec la poussée des Terres; ainsi dans ceux qui sont plus élevés, il est à présumer que suivant les proportions du Profil général, la poussée deviendra au-dessus de la résistance: au lieu qu'il faudroit que le revêtement fût toujours capable de résister avec une force plus grande que la poussée, afin de n'avoir rien à craindre des accidens qui peuvent arriver, soit de la part des grandes pluies, qui au bout d'un certain tems peuvent augmenter considérablement le poids des terres, soit par les ébranlemens qui arrivent quelquefois par le bruit du Tonnerre, ou du Canon qu'on tire sur les Rempars, qui pourroient produire des secousses capables de causer le renversement de quelque face d'ouvrages. D'ailleurs, quand même tous ces mouvemens ne surviendroient point, il y a encore une raison pour mettre les revêtemens beaucoup au-dessus de la poussée; c'est qu'en tems de siège, quand un ouvrage est battu en brèche, la violence du Canon ne peut manquer de causer un grand mouvement dans les parties de la maçonnerie & dans les terres, qui pourroit précipiter l'avancement de la brèche, parce que le revêtement se trouvant au-dessous de la poussée, comme je le suppose, il auroit plus de penchant à culbuter: on me dira peut-être, que c'est vouloir examiner les choses trop physiquement; mais, dans un sujet comme celui-ci, il faut avoir égard à tout.

On fera encore attention que si au lieu de donner cinq pieds d'épaisseur au sommet, on n'en donnoit que quatre & demi dans les endroits où la maçonnerie seroit fort bonne, comme il est dit dans le premier article de l'Explication de Mr. de Vauban, ce seroit alors qu'on auroit tout à craindre du peu de résistance des revêtemens de 40, 50, 60, & 70 pieds de hauteur, puisqu'elle se trouveroit au-dessous de la poussée des terres: car, comme je l'ai dit, article 13, la liaison doit être supposée ici la meilleure qu'il est possible,

fible, & on ne doit avoir égard qu'au poids & à la longueur du bras de levier qui répond à la base du mur; ce qui feroit croire que Mr. de Vauban n'a pas eû cette considération.

Malgré ce que je viens de dire, je ne regarde pas le Profil général assés défectueux pour ne pouvoir pas s'en servir; l'expérience, qui prouve le contraire, ne seroit pas de mon côté: je voudrois seulement qu'on ne donnât pas tant d'épaisseur au sommet des petits revêtemens, & que pour plus de sûreté on en donnât davantage à celui des plus élevés; car, je ne vois pas la nécessité de donner cinq pieds au sommet de celui qui n'en auroit que dix en hauteur, comme s'il en avoit quatre-vingt, puisque, si l'on y fait attention, c'est justement de-là que vient le défaut du Profil général; car comme il faut que les proportions de toutes les parties de chaque revêtement augmentent ou diminuent dans la même raison, selon que l'élévation est plus grande ou plus petite, afin que la résistance soit toujours proportionnée à la poussée, il n'y a point de doute que si une des dimensions du Profil demeure constante comme est ici celle du sommet, la poussée des terres ne soit au-dessous de la résistance des petits revêtemens, & ne devienne au-dessus de celle des plus grands: il faut donc que le bras de levier LE , augmente dans la raison de la hauteur AB , pour que la proportion ne soit point interrompue, au lieu qu'elle ne peut manquer de l'être, tant que les lignes BD , AC , demeureront toujours de cinq pieds, & que les trois autres AB , BG , DE , augmenteront ou diminuëront.

FIG. 12.

FIG. 18.

Or pour savoir de combien il faudroit augmenter l'épaisseur du sommet des grands revêtemens, & diminuer celle des petits pour les bien proportionner à la poussée des terres & rendre régulier le Profil général, nous prendrons pour exemple celui de la figure 13. & nous nommerons GB , b ; KB , g ; BD , y ; l'on aura $g + y + d$,

& $\frac{pcb}{q}$ sera la valeur des contreforts réunie autour du centre de gravité CK , qui étant multipliée par le bras de levier KE , donnera

$\frac{pbhg + pcbg + pcbd}{q}$ pour le produit. De même, si l'on multiplie

le poids $Q(y)$ par LE , $(\frac{y}{2} + d)$ & le poids $R(\frac{dc}{2})$ par ME $(\frac{2d}{3})$, joignant ces trois produits ensemble, la somme sera égale

au produit de la puissance bf , par son bras de levier; ce qui donne,

en effaçant c de part & d'autre, $\frac{pbhg + pby + pbd}{q} + \frac{yy}{2} + yd + \frac{dd}{3}$
 K 2. = bf .

76 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

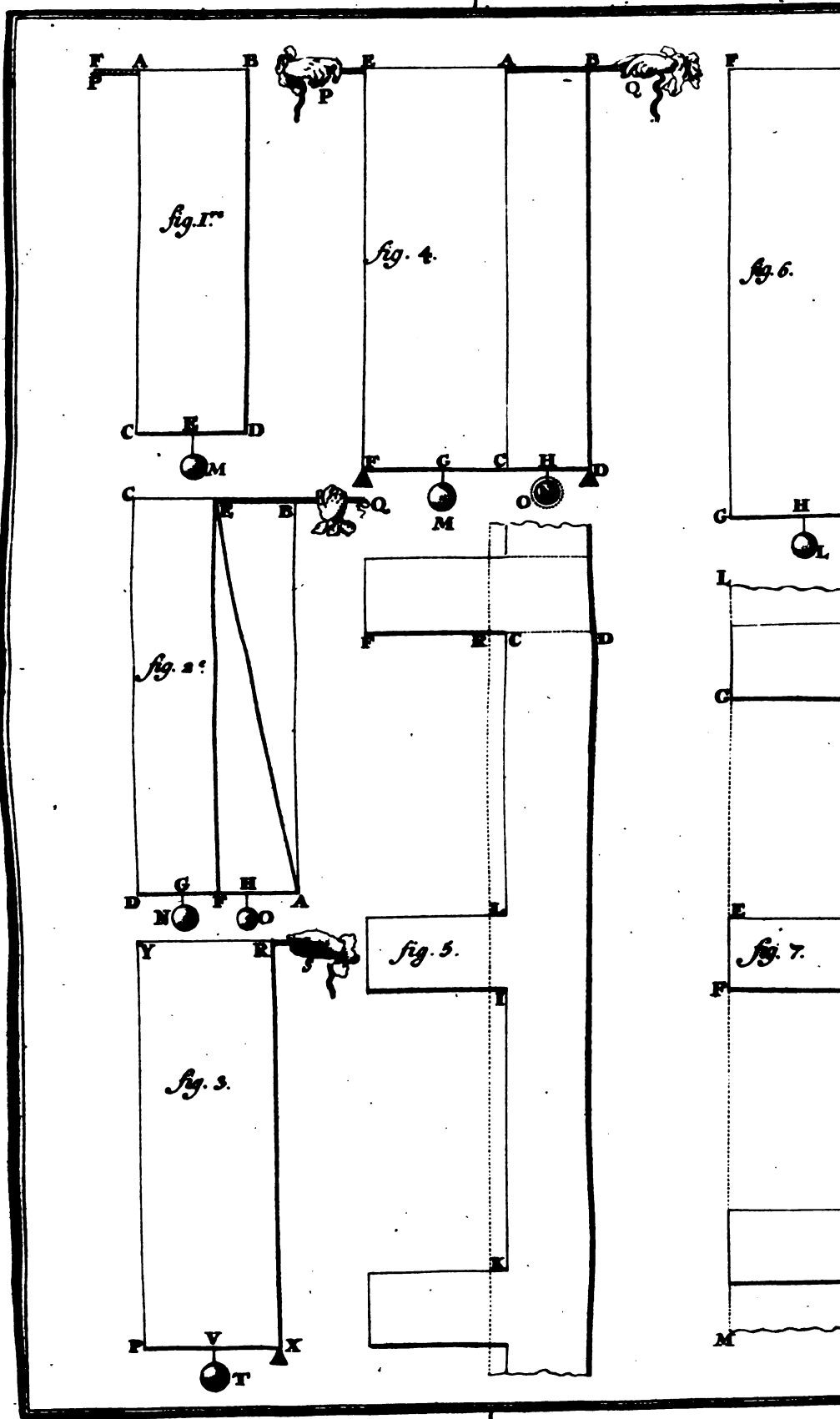
$= bf$. Or si l'on suppose $n = \frac{pb}{q} + d$, l'on aura $ny = \frac{pby}{q} + dy$, & mettant ny , à la place de sa valeur dans l'équation précédente, l'on aura $\frac{pbg + pbd}{q} + \frac{dd}{3} + \frac{yy}{2} + ny = bf$, d'où faisant passer du premier membre dans le second les termes, où y ne se trouve point, & multipliant le tout par 2, il vient $yy + 2ny = 2bf - \frac{2dd}{3} - \frac{2pbg - 2pbd}{q}$, ou $yy + 2ny + nn = 2bf - \frac{2dd}{3} - \frac{2pbg - 2pbd}{q} + nn$, en ajoutant nn de part & d'autre qui donne

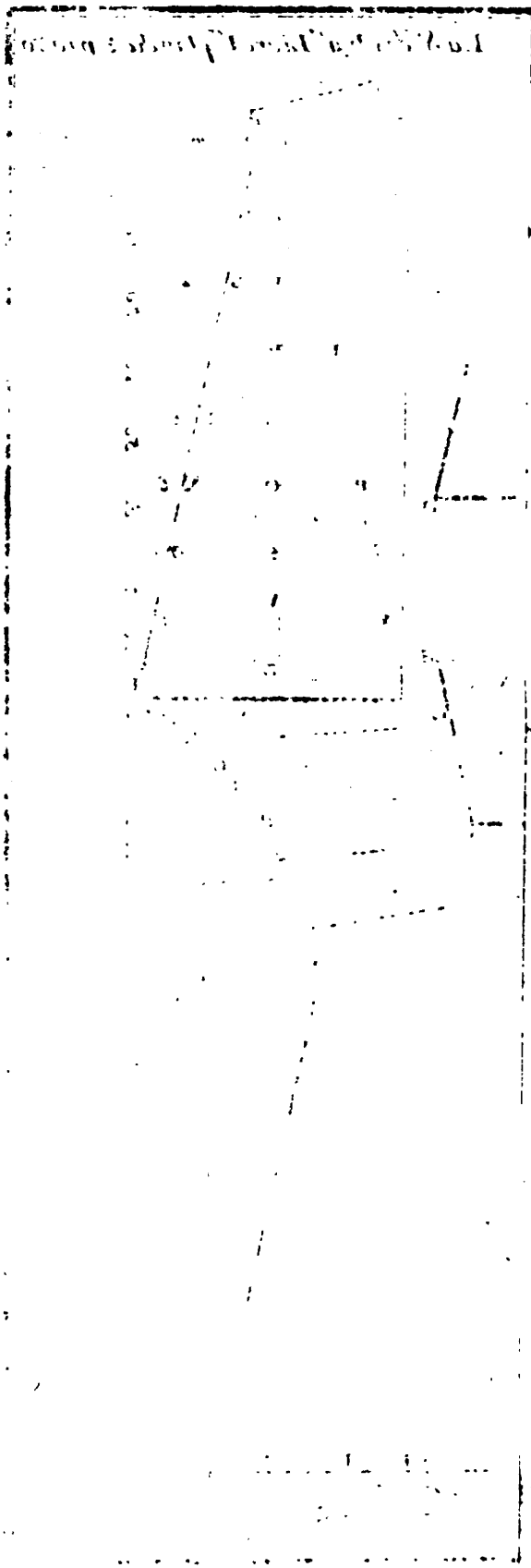
$y = \sqrt{2bf - \frac{2dd}{3} - \frac{2pbg - 2pbd}{q} + nn} - n$, qui est une équation qui conviendra à tel revêtement que l'on voudra du Profil general, puisqu'il n'y aura que la valeur des lettres qui en fera la différence.

Nous servant de cette équation pour savoir quelle épaisseur il faut donner au sommet d'un revêtement de 40 pieds de hauteur, tiré du Profil general, afin que ce revêtement soit au-dessus de la poussée des terres, de telle quantité que l'on voudra, par exemple d'un sixième de la même poussée, qui doit suffire comme j'en ferai voir la raison dans la suite; il faut chercher dans la troisième colonne des puissances, quelle est la valeur de celle qui exprime la poussée des terres du Parapet & du Rempart de 40 pieds, l'on trouvera qu'elle est de 117 pieds 8 pouces, dont il faut prendre le sixième qui est 19 pieds 7 pouces 4 lignes, qui étant ajoutés avec la valeur de la puissance même, l'on aura 137 pieds 3 pouces 4 lignes pour la valeur de bf , qui étant multipliée par 2, afin de suivre ce qui est marqué dans l'équation; il vient 274 pieds 6 pouces 8 lignes pour $2bf$; & pour avoir de suite la valeur des quantités positives, remarqués que les contreforts pour 40 pieds dans la Table du Profil general, ont six pieds de racine & quatre de queue, & que par conséquent l'épaisseur moyenne est cinq, qui est la valeur P , comme la distance du milieu d'un contrefort à l'autre est toujours 18 pieds; l'on aura donc dans ce cas-là $\frac{P}{q} = \frac{5}{18}$: & comme nous

avons $n = \frac{pb}{q} + d$, n , vaudra donc 10 pieds 9 pouces 4 lignes, dont le quarré est 116 pieds un pouce 11 lignes, qui étant ajoutés avec la valeur de $2bf$, donnent 390 pieds 8 pouces 7 lignes pour les deux grandeurs positives $2bf + nn$; & cherchant la valeur des né-

gati-





gatives — $\frac{2dd}{3}$ — $\frac{2pbg - 2pbd}{9}$, on trouvera que leur somme est 113 pieds 4 lignes, qui étant retranchée du nombre précédent, la différence est 277 pieds 8 pouces 3 lignes, dont la racine quarrée est 16 pieds 8 pouces 9 lignes, d'où il faut retrancher la valeur de n , c'est-à-dire, 10 pieds 9 pouces 4 lignes, il restera 5 pieds 11 pouces 5 lignes, qui est l'épaisseur qu'il faut donner au sommet du revêtement de 40 pieds du Profil general, pour que sa résistance soit au-dessus de la poussée des terres de la sixième partie de la force de cette poussée.

C'est en faisant les mêmes opérations relativement à la valeur des termes de la formule générale, qu'on trouvera que l'épaisseur au sommet pour le revêtement de dix pieds, doit être de 3 pieds 5 pouces 4 lignes; pour celui de 20, de 4 pieds 8 pouces 9 lignes; pour celui de 30, de 5 pieds 5 pouces 9 lignes; pour celui de 50, de 6 pieds 2 pouces 10 lignes; & pour celui de 60, de 6 pieds 8 pouces 10 lignes.

Convaincu, comme je viens de le prouver, que la plupart des revêtemens du Profil général n'étoient pas capables de toute la résistance qui paroît leur être nécessaire pour soutenir la poussée des terres & tous les ébranlemens qui peuvent survenir, on sera sans doute surpris que tous ceux que l'on a construits se soutiennent en bon état depuis long-tems, sans qu'il leur soit arrivé aucun accident: ce qui semble détruire mes raisonnemens, tout démontrés qu'ils soient. Cependant l'on verra que cela ne peut guères arriver autrement, si l'on fait attention que trois raisons en sont la cause; la première, c'est que les revêtemens que l'on fait d'ordinaire aux Fortifications passent rarement 35 à 40 pieds, & qu'à cette hauteur la résistance ne laisse pas d'être encore beaucoup au-dessus de la poussée, comme nous le venons de voir; la seconde, que les terres n'ont jamais toute la poussée dont elles sont capables, parce que quand on élève les Rempars, on les entretient avec des lits de fascinage, qui font qu'elles se soutiennent presque d'elles-mêmes; la troisième, c'est que le pied du revêtement est bien lié avec les fondemens, lesquels étant enterrés ne peuvent pas facilement incliner du côté du Fossé, quand même la résistance du revêtement seroit au-dessous de l'équilibre: joignons à cela, que le sommet des contre-forts étant couvert par cinq ou six pieds de terres qui composent le Parapet, ces terres font l'effet d'une puissance qui contre-balance en partie l'effort de plusieurs autres puissances qui agiroient pour renverser le revêtement; c'est pourquoi j'ai dit ci-devant, qu'il suf-

firoit de rendre les revêtemens capables de soutenir une poussée qui ne fut que de la sixième partie au-dessus de celle que causent naturellement les terres qui sont élevées derrière ; car enfin les terres du Parapet agiront d'autant plus puissamment sur les contreforts pour les retenir, que ces contreforts seront plus longs : ainsi plus les revêtemens seront élevés, & plus dans ce sens ils trouveront d'obstacles à incliner ; il n'y a que dans le cas où les terres du Parapet seroient éboulées quand on bat en brèche, où il y auroit quelque chose à craindre, parce que le dessus des contreforts n'étant plus retenu, le revêtement pourroit culbuter si la résistance étoit au-dessous de l'équilibre : quand je dis que cela pourroit arriver ici, si les terres du Parapet cessoient d'appuyer sur les contreforts, je veux parler des revêtemens qui sont fort enterrés & dont l'assiégeant est un tems à ne battre que le sommet des ouvrages, sans pouvoir découvrir le reste, ainsi on aura toujours sujet de rendre les revêtemens plus forts que foibles.

Comme on s'est toujours bien trouvé des revêtemens de 30 à 35 pieds de hauteur, en ne leur donnant que cinq pieds d'épaisseur au sommet, il semble que ce que l'on peut faire de mieux pour se servir en toute sûreté du Profil general, sans être obligé de faire tous les calculs que je viens de rapporter, c'est de donner quatre pieds d'épaisseur au sommet du revêtement de dix pieds, quatre & demi à celui de vingt, cinq à celui de trente, cinq & demi à celui de quarante, & ainsi des autres dont on augmentera toujours l'épaisseur de six pouces, à mesure que la hauteur augmentera de dix pieds ; & à l'égard des autres dimensions on les déterminera comme elles sont marquées dans la Table du Profil general ; pour lors tout sera bien proportionné, & presque d'accord avec ce que peuvent fournir les règles les plus exactes : il est vrai que l'épaisseur du sommet du revêtement de dix pieds sera un peu plus grande qu'elle ne devoit être ; mais ce revêtement en soutiendra plus long-tems l'effet du Canon.

Tout ce que je viens de dire sert, non-seulement à faire voir ce que l'on peut penser pour & contre le Profil general, mais encore à mettre les gens du métier en état d'examiner les choses avec précision, & par des voyes qui menent à la vérité, & dont les principes peuvent servir à quantité d'autres sujets qui auroient rapport à celui-ci : ainsi quand même on resteroit dans l'opinion de se servir du Profil general tel qu'il est sans y faire aucun changement, cette dissertation n'en seroit pas moins utile ; c'est pourquoi il n'y a point d'apparence qu'on soit en droit de me reprocher d'écrire des choses

ses superflûes; puisque les Mathématiques ont toujours cela d'heureux, que s'il leur arrive quelquefois d'être appliquées à des sujets qui paroissent de petite conséquence, elles s'y rendent au moins nécessaires par le tour qu'on leur a fait prendre, & c'est cette espèce de sagacité que je cherche sur toutes choses à insinuer à ceux qui veulent s'instruire sérieusement, & se mettre en état de juger avec des vûes claires & distinctes de tout ce qui se présente.

J'ay pensé plusieurs fois en écrivant ce premier Livre, que des personnes, qui n'ont qu'une médiocre connoissance de l'Algebre, seroient peut-être embarrassées de sçavoir pourquoi après avoir fait passer tous les termes où se trouve l'inconnu, dans le même membre, il falloit ajouter de part & d'autre le quarré de la moitié du coefficient du second terme, pour faire de ce membre un quarré parfait; & qu'un petit éclaircissement sur ce sujet pouvant leur faire plaisir, la remarque suivante ne seroit point inutile pour l'Intelligence des articles 22, 25, 26, &c.

52. Remarque sur la résolution des Problèmes du deuxième degré.

Si l'on a deux grandeurs liées ensemble par le signe + ou — comme $y \pm a$, je dis que le quarré de ces deux grandeurs sera égal au quarré de la première, plus au quarré de la seconde, plus ou moins le produit de la première par le double de la seconde; ce qui est bien évident, puisqu'il vient $yy \pm 2ay + aa$, qui renferme les quarrés de y & de a , & le produit de y & de $2a$.

De même, si la seconde des deux grandeurs étoit multipliée ou divisée comme dans cet exemple, $y + 2a, y + \frac{3a}{2}, y + \frac{5a}{2}, y - \frac{ab}{c}$, le quarré donnera toujours $yy + 4ay + 4aa, yy + 3ay + \frac{9aa}{4}, yy + 5ay + \frac{25aa}{4}, yy - \frac{2aby}{c}, + \frac{aabb}{cc}$, où l'on trouve encore le quarré de la première & de la seconde grandeur, & le produit de la première par le double de la seconde; car multipliant $2a, \frac{3a}{2}, \frac{5a}{2}, \frac{ab}{c}$, par deux, il vient $4a, 3a, 5a, \frac{2ab}{c}$, dont le produit par la première grandeur y , donne $4ay, 3ay, 5ay, \frac{2ab}{c}$.

Puisque les coefficients sont doubles des racines du second quarré, on peut conclure que toutes les fois que l'on aura le quarré d'un inconnu plus ou moins, cet inconnu multiplié par un coefficient quel-

80 LA SCIENCE DES INGENIEURS.

quelconque, on pourra regarder ce coefficient comme le double de la racine du quarré, qui manque, pour que l'inconnu se trouve compris dans un quarré parfait, & qu'ainsi *on aura toujours la racine de ce quarré, en prenant la moitié du coefficient du second terme.*

Quand il arrive que le coefficient se trouve composé de plusieurs termes, il faut les supposer n'en valoir tous ensemble qu'un seul;

par exemple, si l'on avoit $yy + \frac{2ay}{3} - \frac{3bdy}{5c} + 2dy + \frac{bby}{d}$, on

supposera $\frac{2a}{3} - \frac{bd}{5c} + 2d + \frac{bb}{d} = n$; & comme en multipliant

cette équation par y , l'on a $\frac{2ay}{3} - \frac{3bdy}{5c} + 2dy + \frac{bby}{d} = ny$,

on pourra mettre ny , à la place de sa valeur; & au lieu de ce qui précède on aura $yy + ny$, qu'on pourra changer en quarré, en y ajoutant le quarré de la moitié du coefficient, c'est-à-dire le quarré de $\frac{n}{2}$,

afin d'avoir $yy + ny + \frac{nn}{4}$; & pour éviter les fractions, on peut encore

supposer le coefficient complexe égal à $2n$, plutôt qu'à n seul, parce qu'alors ayant $2ny$, au lieu de ny , le quarré sera $yy + 2ny + nn$.

Fin du premier Livre.



LA



LA SCIENCE DES INGENIEURS DANS LA CONDUITE DES TRAVAUX DE FORTIFICATION.

LIVRE SECOND.

Qui traite de la Mécanique des Voûtes, pour montrer la manière de déterminer l'épaisseur de leurs Piés-droits.

Sil'on a bien conçu ce que je viens d'enseigner dans le Livre précédent, l'on conviendra sans doute qu'il y a une méthode de considérer les Sujets qui se rapportent à l'Architecture, par laquelle on est sûr de ne pas donner dans le faux, dès qu'on saura se servir heureusement des connoissances acquises par l'étude des Mathématiques ; les principes qu'elles nous présentent sont d'une si grande fécondité, qu'il n'y a rien à quoi ils ne soient applicables, principalement ceux de la Mécanique. C'est vainement qu'on voudra nous persuader que la pratique, abandonnée à elle-même, peut arriver au point de perfection ; l'expérience prouve souvent

A

le

2 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

le contraire, & j'en vais faire voir un exemple au sujet des Voûtes, qui viendra fort à propos, pour faire sentir combien il est de conséquence de ne pas suivre sans examen les principes qui ne sont autorisés que par l'usage ; mais, avant cela, il faut que j'insinüe de quelle manière se fait la poussée des Voûtes, afin d'examiner si le sentiment qu'on en doit avoir peut s'accorder avec les productions de la pratique.

Comme je serai obligé d'employer encore l'Algebre en parlant des Voûtes, bien des gens qui ne l'entendent point se mettront peut-être de mauvaise humeur de ce que, non content d'en avoir rempli tout le premier Livre, je m'en sers encore dans le second ; mais je les prie de m'excuser & de lire celui-ci tout de suite, afin de profiter des endroits qui sont faciles à entendre, tels que les Applications & la plus grande partie des Remarques : en recompense, dans le dessein de leur faire ma cour, ils trouveront dans le quatrième Chapitre des Méthodes générales pour avoir l'épaisseur des Piédroits de toute sorte de Voûtes par le seul calcul des nombres, sans le mélange d'aucun Caractere Algebrique ; moyennant cette condition, j'espère que nous vivrons bien ensemble.

CHAPITRE PREMIER.

Où l'on enseigne comme se fait la poussée des Voûtes.

PLANCH.

Fig. I.

Sl'on considère la Voûte *TAZ*, formée par une quantité de *Vouffoirs* égaux, l'on fait que ces *Vouffoirs*, quand il s'agit d'une Voûte en plain-cintre, ont été taillés de manière que leurs joints prolongés viennent se rencontrer au centre du demi cercle ; ainsi ces *Vouffoirs* étant plus larges à la tête qu'en bas, doivent être regardés comme des *coins* qui s'appuyent & se soutiennent les uns les autres, & résistent mutuellement à l'effort de leur pesanteur qui les porte à tomber : car nous supposons ici (pour mieux apercevoir l'effet des *Vouffoirs*) qu'ils ne sont entretenus par aucun ciment, & ont la liberté de glisser comme si leurs faces étoient polies, nous supposerons encore que les points *O, A, D, F*, &c. marquent les centres de *gravité* des *Vouffoirs*, & qu'en commençant par la clef, on a tiré par les points *A*, & *O*, une ligne *AV* perpendiculaire sur la face *C* ; que par les points *A* & *D*, on en a tiré une autre *AP*, sur la face *B* ; par les points *D* & *F*, on en a tiré une autre *DQ*, sur la face *E* ; & qu'on a continué de même, afin d'en avoir

avoir autant que de Vouffoirs : cela posé, considérez que la clef étant soutenue par les deux Vouffoirs voisins, comme par des plans inclinés, elle fait le même effet qu'un coin, qui, étant chassé dans un corps, tend à le partager en deux par un effort qui se fait selon des directions AB , & AC , perpendiculaires aux deux plans inclinés BI , & CI ; car l'on peut prendre ici la pesanteur du coin pour la puissance qui le chasse ^{*}; ainsi les deux puissances qui soutiendront les faces BI & CI , en équilibre contre la force du coin, agiront suivant des lignes de direction AP , & AV , perpendiculaires aux mêmes faces, & comme ces directions viennent se rencontrer au centre de gravité A , où l'on peut supposer que la pesanteur du coin est réunie, on peut donc dire que ces puissances auront besoin d'autant plus de force que les angles PAI , & VAI , seront plus ouverts, ou ce qui revient au même, que les faces BI , & CI , seront moins inclinées par rapport à la verticale AI ; car si elle l'étoit infiniment peu, c'est-à-dire, presque perpendiculaire à l'horison, les directions des puissances P & V , se trouvant directement opposées, il leur faudroit une force extrême pour pouvoir soutenir le point pesant A , équivalent au Vouffoir, au lieu que plus les angles qu'elles formeront avec la verticale AI , seront aigus, & moins elles auront besoin de force; puisqu'alors leurs directions n'étant plus si opposées entr'elles, elles le feront davantage à la pesanteur du poids.

* V. 1^e C.
Art. 810.

Ce que nous venons de voir au sujet de la clef, pourra aussi se dire des Vouffoirs D & O ; car le Vouffoir D , par exemple, ayant aussi la figure d'un coin, il agira pour écarter les deux faces voisines; mais non pas si puissamment sur la face E , que la clef A , fait sur la face B , à cause que le plan EI , étant plus incliné que le Plan BI , par rapport à la verticale AI , l'angle QDK , formé par la ligne de direction DK , & la ligne de direction DQ , de la puissance qui feroit en équilibre avec l'effort que fait le Vouffoir D , sur la face E , est plus aigu que l'angle PAI ; de même le Vouffoir F , fera encore moins d'effort contre la face G , que le précédent n'en fait contre la face E , parce que l'angle RFL , est encore plus aigu que l'angle QDK . Or comme toutes les puissances qui soutiendroient les Vouffoirs depuis la clef jusqu'aux piés-droits agiront toujours selon des directions qui feront des angles plus aigus avec les lignes tirées du centre de gravité des Vouffoirs, leur force ira donc toujours en diminuant; & comme ces puissances ont été supposées équivalentes aux efforts que font les Vouffoirs, il s'ensuit que ceux-ci poussent avec une force qui va toujours en diminuant depuis la clef jusqu'aux piés-droits.

A 2

Ce-

4. LA SCIENCE DES INGENIEURS,

Cependant, comme le Vouffoir *D*, agit en même tems sur les deux faces *E*, & *B*, on voit qu'il ne peut s'appuyer contre la face *B*, fans s'oposer en partie à l'effort que fait la clef contre cette même face, & que par conséquent il doit arriver une destruction de forces entre la clef & le vouffoir *D*: de même les deux vouffoirs *F* & *D*, agissans aussi dans un sens opposé eu égard à la face *E*, il y aura encore une destruction de forces entre ces deux vouffoirs, ainsi des autres suivans pris d'eux deux. Il est bien vrai que comme la clef pousse avec plus de force contre la face *B*, que le vouffoir *D*, n'en a pour la repousser, la destruction de forces ne sera point entière, il en restera toujours à la clef une certaine quantité, mais qui ne sera pas si grande qu'elle eût été si le vouffoir *D*, ne faisoit aucun effet sur la face *B*: de même quoique le vouffoir *D*, soit repoussé par l'autre *F*, il restera encore à ce premier une certaine quantité de force; ainsi en général on peut dire qu'un vouffoir qui est au-dessus d'un autre, a plus de force pour pousser l'inférieur, que celui-ci n'en a pour le repousser, & comme les vouffoirs depuis la clef ju'qu'à la naissance de la voûte, vont toujours en exerçant une moindre partie de leur pesanteur, sur ceux qui sont immédiatement dessous l'effort que chaque vouffoir fait pour repousser; celui qui est supérieur va toujours en diminuant à mesure que les plans *EI*, & *GI*, sont moins inclinés à l'horison, parce qu'alors ces Plans portent une plus grande partie du poids, par conséquent celle qui tend à glisser fait moins d'effet contre la puissance qui voudroit lui résister, tellement qu'on peut dire que l'effort que tous les vouffoirs font de bas en haut, va toujours en diminuant en venant de la clef vers les piés-droits dans la même raison que l'effort qui se fait du haut en bas.

Comme le résultat de l'effort que les vouffoirs font à droit & à gauche de la clef tendra à écarter ce qui leur peut résister, c'est-à-dire les piés-droits, c'est l'effort total de tous ces vouffoirs qu'on appelle *poussée*, qui n'agit pourtant pas tout-à-fait comme je viens de l'insinuer, puisqu'il ne paroît pas possible que tous les vouffoirs qui composent une Voûte puissent se soutenir d'eux-mêmes sans être entretenus par du *Ciment* ou *Mortier*; car les vouffoirs supérieurs ayant plus de force pour pousser les inférieurs, que ceux-ci n'en ont pour les repousser, il est constant que ceux qui auront moins de force seront contrains de s'élever: ce qui laissant la liberté de tomber à ceux qui sont au-dessus, tout l'arrangement des vouffoirs se détruiroit, & par conséquent la Voûte même; & ce n'est que dans le cas où tous les vouffoirs auroient une poussée égale qu'ils se maintien-

tiendroient en équilibre sans le secours d'aucune matiere qui les entretiennent ; mais pour cela il faudroit augmenter leur pésanteur, en venant de la clef vers les piés-droits, afin que chacun puisse par son poids résister d'autant plus, que le Plan, sur lequel il est apuyé, est moins incliné par raport à celui qui est au-dessus : or puisqu'une Voûte telle que celle qui est représentée dans la figure ne pourroit se soutenir sans ciment, ce n'est donc pas les efforts effectifs des vouffoirs qu'il faut considérer, mais seulement la tendance qu'ils ont à agir.

Comme il doit y avoir sur la base de chaque pié-droit un point où vient aboutir l'effort qui se fait à droit & à gauche, on remarquera que ces points répondent necessairement aux angles S & X , qu'on doit regarder comme des *points d'apuy* qui appartiennent à des *leviers*, qui à la vérité ne sont point sensibles aux yeux, mais qui pour cela n'en ont pas moins de réalité, comme on en va juger.

Si la poussée d'une Voûte n'étoit point partagée le long de chaque quart de cercle AT & AZ , mais qu'elle fut toute réunie à deux points, comme T & Z ; il est constant qu'on auroit de chaque côté un *levier recourbé* TSH , & ZXM , dont les *puissances* seroient appliquées aux extrémités T & Z , des bras ST & ZX , & les poids qui sont équivalens à la résistance des piés-droits aux extrémités H & M , des bras SH & XM ; mais comme il y a autant de puissances que de vouffoirs, si l'on en excepte les deux T & Z , qui n'ont point de poussée, il faut donc que chaque puissance ait son levier particulier, ou que ce levier soit exprimé par une ligne qui puisse être admise en sa place. Or comme ces lignes ne peuvent être que les perpendiculaires SP , SQ , SR &c. tirées du point d'apui S , sur les directions des puissances qui soutiendroient les vouffoirs, l'on voit clairement à quoi doit se réduire tout le mécanisme qui régné ici ; desorte que pour proportionner l'épaisseur des piés-droits, à la poussée d'une Voûte, il faut savoir trouver l'effort que fait chaque vouffoir par raport à sa pésanteur absolue & les perpendiculaires SP , SQ , SR &c.

On peut tirer plusieurs conséquences de ce que nous venons de dire : la premiere, que dans une Voûte où l'on suposeroit (comme on l'a fait ici,) que les vouffoirs ne sont entretenus par aucun ciment, plus leur tête sera petite, & plus la Voûte aura de poussée ; car ces vouffoirs étant regardés comme des coins, ils auront d'autant plus de force, que leur face prolongée feront un angle plus aigu : d'ailleurs les perpendiculaires SP , SQ , SR &c. qui répondent aux puissances qui soutiennent les premiers vouffoirs, devenant plus grandes à mesure que les faces de ces vouffoirs seront moins incli-

LA SCIENCE DES INGENIEURS,

nées à la verticale AI , la longueur des bras des leviers se trouvera augmentée: ce qui donnera plus d'avantage à la poussée des voufoirs.

La seconde, c'est que plus la Voûte aura d'épaisseur, & plus la poussée sera grande, puisque les voufoirs devenant plus longs & par conséquent plus pèsans, ils agiront plus puissamment.

La troisième, que plus les piés-droits qui soutiennent une Voûte seront élevés, & plus il leur faudra d'épaisseur pour soutenir la poussée; car comme on ne peut augmenter la hauteur des piés-droits sans que les perpendiculaires SP , SQ &c. ne deviennent aussi plus grandes, il s'ensuit que les bras des leviers qui répondent aux puissances, ou si l'on veut à l'effort de chaque voufoir, se trouvant augmentés, ils auront tous ensemble plus de force pour renverser les piés-droits.

Quoique ce que je viens de dire soit bien naturel, c'est pourtant à quoi les Architectes qui ont parlé des Voûtes n'ont fait aucune attention; & afin qu'on puisse en juger, voici comme parle Mr. Blondel dans son Cours d'Architecture, qui est le premier qui m'est tombé sous la main. Il faut (*dit-il*) „ donner des épaisseurs aux piés-droits qui soutiennent des Voûtes selon la différence des poussées, „ & c'est ce qui se fait par une règle de pratique en cette manière.

„ Partagez l'arc en trois parties égales, & menant une des cordes par le point de l'imposte, prenez en dehors sur la même, „ continuez une ligne qui lui soit égale, la droite, menée à plomb par l'extrémité de cette ligne, déterminera l'épaisseur du pié-droit; comme si divisant l'arc $ACBD$, en trois parties égales aux points CD , je mene la corde DB , passant par le point de l'imposte en B , je n'ai qu'à prendre en dehors sur la même droite „ continuée, la partie BE , égale à BD , & menant les deux perpendiculaires EG & BF , elles détermineront l'épaisseur du pié-droit „ $BGEF$, qui sera proportionnée à la poussée de l'arc $ACDB$.

L'on voit que dans cette règle il n'est fait aucune mention de l'épaisseur de la Voûte, ni de la hauteur des piés-droits, qui sont pourtant deux circonstances auxquelles il faut avoir égard absolument pour les raisons que j'en ai données plus haut.

PRINCIPE TIRE' DE LA MECANIQUE.

FIG. 2.

2. Il est démontré dans la Mécanique que trois puissances P , Q , R , qui tirent ou poussent au tour d'un point A , selon des directions AP , AQ , AR , seront en équilibres entr'elles, si après avoir fait le

le parallélogramme $ABCD$, la puissance P , est exprimée par le côté AB , la puissance Q , par le côté AD , & la puissance R , par la diagonale CA : ou, ce qui revient au même, si chaque puissance est exprimée par un des côtés du triangle ABC , parce qu'à la place de AD , l'on pourra prendre BC , qui lui est égal *; supposant donc qu'on soit bien prevenu de cette vérité, voici une proposition fondamentale qu'on en peut tirer.

* V. le C.
Art. 767.

Ayant trois puissances P, Q, R , qui tirent ou poussent toutes trois ensemble au tour du point A , je dis qu'elles seront en équilibre, si la force avec laquelle chacune agit est exprimée par un des côtés du triangle EFG , qui couperoit en angles droits la ligne de direction de chaque puissance.

Pour le prouver, remarquez que si la ligne AO , est perpendiculaire sur le côté EF ; & la ligne CT , sur le côté EG (comme nous le supposons) l'on aura les deux triangles AOF & FTE , semblables, puisqu'ils ont chacun un angle droit, & l'angle OFT , qui leur est commun; ainsi l'angle E , sera égal à l'angle OAE . Par un semblable raisonnement on verra aussi que le triangle FAS est semblable au triangle FTG , & que de même l'angle G , sera égal à l'angle FAS ; mais comme ce dernier l'est encore à l'angle alterne BCA , il s'ensuit donc que le triangle ABC est semblable au triangle EFG : ainsi les trois côtés du grand triangle pourront donc être pris à la place de ceux du petit, & par conséquent exprimer le rapport de chaque puissance dont ils coupent la ligne de direction en angles droits; mais comme nous avons vu que ces trois puissances étoient en équilibre, lorsque leur rapport étoit exprimé par les côtés du petit triangle ABC , l'on peut donc dire qu'elles seront encore en équilibre quand leur rapport sera exprimé par les côtés du triangle EFG . C. Q. F. D.

COROLLAIRE PREMIER.

3. Il suit que quand on aura trois puissances P, Q, R , qui tirent ou poussent au tour du point H , si elles sont en équilibre, on connoitra toujours le rapport que ces puissances ont entr'elles, puisqu'on n'aura qu'à couper chaque ligne de direction en angles droits par une ligne tirée à telle distance que l'on voudra du point H ; car ces trois lignes venant à se rencontrer, donneront les côtés du triangle IKL , qui exprimeront le rapport des puissances; c'est-à-dire, que si l'on suppose que la puissance P , soit exprimée par IK , la puissance Q , le sera par KL , & la puissance R , par IL .

FIG. 3.

Co-

COROLLAIRE SECOND.

FIG. 4.

4. Il suit encore que connoissant les trois côtés du triangle IKL , avec une des trois puissances, on pourra connoître les deux autres puissances; car si (par exemple) l'on a la puissance P , & qu'on veuille connoître la seconde Q , on n'aura qu'à dire comme le côté KI , est au côté KL , ainsi la puissance P , est à la puissance Q , que l'on trouvera par la règle de proportion aussi-bien que la troisième puissance R .

COROLLAIRE TROISIE'ME.

5. Dans les triangles les sinus des angles étant dans la même raison que leurs côtés oposés, on peut ajouter encore que si l'on avoit un triangle IKL , dont les trois côtés fussent en même raison que les puissances PQR , si on ne connoissoit pas ces côtés, il suffiroit de connoître la valeur des angles qui leur sont oposés, parce que les sinus de ces angles pouvant être pris pour les côtés mêmes, ils exprimeront plus exactement le raport en nombre, & par conséquent les puissances, desorte que si on connoissoit la valeur de la puissance Q , & les trois angles I, K, L , on trouvera les deux autres puissances P & R , en se servant des Tables de Sinus.

COROLLAIRE QUATRIE'ME.

6. Il suit enfin que si on a trois puissances, dont deux prises ensemble soient plus grandes que la troisième, connoissant le raport de ces trois puissances, on pourra déterminer selon quelle direction chaque puissance doit tirer ou pousser, pour qu'agissant toutes ensemble autour d'un point, elles soient en équilibre, puisque pour cela il ne faut que se donner trois lignes qui ayent entre elles le même raport que les trois puissances en question, ensuite faire un triangle de ces trois lignes; après quoi si d'un point quelconque pris dans la superficie du triangle, l'on abaisse des perpendiculaires sur les côtés, elles détermineront les directions, ou, ce qui est la même chose, les angles que les puissances doivent former entr'elles.

Remarque premiere.

7. Il n'est pas necessaire que les trois puissances P, Q, R , tirent ou poussent toutes trois ensemble le point H , pour être en équilibre,

équilibre, il peut y en avoir deux qui tirent, & une autre qui le pousse en sens contraire.

Remarque seconde.

8. On prendra garde aussi que ce n'est pas une nécessité que les trois côtés du triangle, qui déterminent le rapport des puissances, soient coupés par les lignes de directions de ces puissances, ni que le point où ces puissances concourent soit renfermé dans ce triangle, puisqu'il suffit que les côtés prolongés du triangle soient coupés en angles droits; par exemple, si les côtés du triangle MKN , sont disposés de façon que quelqu'un d'eux, comme KM & KN , étant prolongés vers I & vers L , coupent les directions HP & HQ , à angles droits & que la direction HR , prolongée vers O , aille couper le côté MN , aussi à angles droits, je dis que les côtés du triangle MKN , détermineront encore le rapport des puissances, quoique le point H ne soit point dans ce triangle; car les choses étant telles que nous le supposons, les lignes MN & IL seront parallèles, puisqu'elles sont toutes deux coupées à angles droits par la ligne OR : par conséquent le triangle MKN sera semblable à IKL ; or si les côtés de ce dernier expriment le rapport des trois puissances PQR , comme nous l'avons fait voir ci-devant, ceux de l'autre MKN , exprimeront aussi le même rapport; ainsi le petit triangle pourra tenir lieu du grand.

Remarque troisième.

9. Si l'on avoit un corps F , posé sur un Plan incliné BC , il est constant que (telle que soit la figure de ce corps) il ne se maintiendra point en repos à moins qu'une puissance Q , ne le soutienne; or si l'on vouloit savoir quel est le rapport de la puissance au poids dans la situation où se trouve cette puissance, il faut considérer d'abord qu'au lieu d'une puissance, nous en pouvons concevoir trois. La première sera la pesanteur absolue du corps, qui tend au centre de la Terre selon une direction FG , qui, passant dans son centre de gravité, est perpendiculaire à l'horison. La seconde sera l'effort que ce corps fait sur le Plan si l'on prolonge la ligne FD jusqu'en R , on peut concevoir la ligne DR comme la direction d'une puissance qui pousse de P en D , pour faire équilibre à l'effort que soutient le Plan incliné. La troisième sera la puissance Q , qui empêche le corps de tomber. Cela posé, si l'on prolonge la ligne de direction GF du poids jusqu'en O , & qu'on la coupe à angles

Fig. 4.

B

angles droits par ligne HI ; & de même la direction EQ , par la ligne IK , on aura le triangle HIK , dont le côté HK exprimera la puissance P , puisqu'il coupe à angles droits la ligne de direction RF ; le côté HI exprimera la pesanteur absolue du poids F ; & le côté IK , la puissance Q , dans le cas où le tout seroit en équilibre; par conséquent on peut dire que la pesanteur absolue du poids F , est à la puissance Q , comme le côté HI , est au côté IK : d'autre part la pesanteur absolue du poids est à la puissance Q , & à l'effort que soutient le plan incliné, ou la puissance P , comme HI est à HK ; ainsi quand on connoîtra la pesanteur du poids F , & le sinus des angles du triangle HIK , on pourra donc connoître l'effort que font les deux puissances P & Q .

Il faut s'appliquer à bien entendre cette dernière Remarque relativement à ce qui a été dit dans les articles qui précédent, parce qu'elle contribuera beaucoup à faciliter l'intelligence de ce que nous avons à enseigner par la suite; c'est ainsi que l'esprit préparé à ce qu'on a dessein de lui insinuer, les choses qui lui paroissent les plus compliquées, lui deviennent sensibles dès qu'il apperçoit quelque jour où il peut se reconnoître.

CHAPITRE SECOND.

De la maniere de calculer l'épaisseur de piés-droits des Voûtes en plain ceintre, pour être en équilibre par leur résistance avec la poussée qu'ils ont à soutenir.

10. **L**A nécessité de se servir de mortier dans la construction de la maçonnerie, & principalement dans celle des Voûtes, pour lier les Pierres, fait qu'on peut se dispenser de calculer la poussée de tous les voussours, chacun en particulier; il suffit d'en considérer une certaine quantité, comme ne faisant ensemble qu'un seul voussour, afin d'éviter l'extrême longueur des calculs qu'on seroit obligé de faire, si l'on en usoit autrement; car les sujets qui se rapportent à la pratique doivent être considérés relativement à ce qu'ils font dans l'exécution, & non pas tout-à-fait comme l'imagination nous les représente: par exemple, l'on remarque que quand les piés-droits d'une Voûte sont trop foibles pour en soutenir la poussée, la Voûte se fend vers le milieu *des reins*; c'est-à-dire entre l'*imposte* &

& la *clef*; ainsi ayant une Voûte en plain ceintre BDI , dont chaque quart de cercle BD & DI , soit divisé en deux également au point C & H , l'expérience montre que c'est toujours aux endroits FC & H &c. que la Voûte se desunit quand sa poussée est au-dessus de la résistance des piés-droits. Or, puisque le plus foible d'une Voûte est vers le milieu des reins, il est donc naturel de supposer que c'est-là où se fait toute l'action de la poussée, & de considérer les deux parties de la Voûte CG & CE , (que nous nommerons *voussoirs*) comme ne composant qu'une seule pierre, chacune en particulier, dont l'une CE est parfaitement liée avec son pié-droit BP , & l'autre CG agit comme un coin qui seroit introduit entre les deux plans FA & GA pour les séparer; ou bien l'on pourra prendre toute la partie supérieure CGH de la Voûte, qui tend à séparer comme un coin les deux Plans AF & A &c. & dans ce sens, ce sera cette partie qui causera toute la poussée; la moitié CG agira pour écarter le corps PFC , (composé du pié-droit PB & du voussoir EC , comme je l'ai insinué d'abord) & alors il suffira pour calculer cette poussée de n'avoir égard qu'à la moitié de la Voûte depuis le point d'appui P , jusqu'au sommet DG , puisque l'on concevra la même chose pour l'autre moitié.

FIG. 7.

Considérant le voussoir supérieur FD , comme n'ayant aucune liaison avec le reste de la maçonnerie, la poussée qui se fera à l'égard du point d'appui P , sera la plus grande qu'il est possible; puisque dans une Voûte il n'arrive jamais que les voussoirs agissent aussi puissamment qu'ils feroient si leurs joints étoient extrêmement polis, sans trouver d'obstacle de la part du mortier ni du frottement: par conséquent si l'on cherche à proportionner la résistance du pié-droit PB à cette plus grande poussée, on donnera à la puissance *résistante* une force un peu au-dessus de celle qu'il lui faudroit effectivement pour soutenir l'effort du voussoir FD , dans le cas où il seroit lié avec le reste de la Voûte; ainsi cette supposition ne pouvant que contribuer à la fermeté des piés-droits, il s'ensuit que considérer ici les choses dans la rigueur de la Théorie, c'est leur donner tout l'avantage qu'on peut désirer dans la pratique.

Cela posé, si l'on élève une perpendiculaire LO sur le milieu du joint FC , cette perpendiculaire exprimera la direction de la puissance qui soutiendrait l'effort que fait le voussoir FD , sur le plan incliné FA *; de même si sur le milieu du joint GD on élève une autre perpendiculaire HW , elle exprimera aussi la direction de la puissance qui soutiendrait l'effort que feroit le voussoir contre le Plan vertical GA : enfin si du point X , (que je suppose le centre

* Art. I.

12 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

* Art. 9.

* Art. 2.
& 3.

de gravité du vouffoir) on abaisse une perpendiculaire XT à l'horison, elle exprimera la direction, suivant laquelle ce vouffoir tend au centre de la Terre *, par conséquent nous avons ici trois puissances, qui dans l'état d'équilibre seront exprimées par les trois côtés du triangle rectangle ALK *, car le côté LK , étant perpendiculaire sur la direction XT exprimera la pesanteur absolue du vouffoir FD ; de même le côté LA étant perpendiculaire sur la direction LO de la puissance O , il exprimera la force de cette puissance pour soutenir la poussée qui se fait sur le joint FC ; enfin la direction HW de la puissance W , étant perpendiculaire sur la ligne GA , le côté KA exprimera l'effort de cette puissance; mais comme elle n'entre point ici dans le calcul, nous en ferons abstraction à l'avenir, pour ne considérer que la seule puissance O , dont le bras de levier sera exprimé par la perpendiculaire PO , tirée du point d'appui P sur la direction LO : prévenu de tout ceci, je ne crois pas qu'on rencontre aucune difficulté à bien entendre les propositions qui vont faire l'objet de ce Chapitre.

PROPOSITION PREMIERE.

PROBLEME.

Trouver l'épaisseur qu'il faut donner aux piés-droits des Voûtes en plain ceintre, pour être en équilibre par leur résistance avec la poussée qu'ils ont à soutenir.

FIG. 7.

11. Ayant mené par le point L milieu de FC , la ligne MK parallèle à ZA , & prolongé PZ jusqu'en M , & abaissé la perpendiculaire LV sur AB , nous nommerons LK , ou KA , a ; LA , b ; BV , c ; ZP , d ; ZB ou PS , y ; ainsi ML ou MN , sera $y + c$, & MP sera $a + d$, par conséquent NP sera $a + d - c - y$; & si l'on suppose $a + d - c = f$, l'on aura $f - y$, pour la valeur de NP : la superficie de chaque vouffoir CG & CE , sera nommée m ; enfin si du centre de gravité Q , du vouffoir CE , l'on abaisse la perpendiculaire QR , sur la base PS , RS sera nommé g ; par conséquent PR sera $y - g$.

Cela posé, la premiere chose qu'il faut chercher est l'expression du bras de levier PO ; pour cela considérés que les triangles LKA & NOP , sont semblables, puisqu'ils sont rectangles & izocelles, & que par conséquent $LA(b). LK(a) :: NP(f - y.) PO - \frac{(af - ay)}{b}$.
D'un autre côté remarquez que la pesanteur absolue du vouffoir ED est

est à l'effort que soutient le joint FC , ou la puissance O , comme LK est à LA^* , ou bien, $ab :: mn. \frac{bmn}{a}$: ainsi multipliant $\frac{bmn}{a}$ (qui est * Art. 4. l'expression de la puissance O) par son bras de levier PO , l'on aura $nmf - nny$ pour la poussée de la Voûte par rapport au point d'appui P ; & comme nous voulons mettre cette poussée en équilibre avec la résistance du pié-droit joint au vouffoir EC , il faut multiplier la superficie du rectangle PB qui est dy , par le bras de levier $PT(\frac{y}{2})$ moitié de PS pour avoir $\frac{dyy}{2}$; & comme nous avons encore le vouffoir EC , dont la ligne de direction QR , tirée du centre de gravité perpendiculaire sur PS marque que $PR(y - g)$ est le bras de levier qui répond à l'action de ce vouffoir, il faut donc multiplier mn par $y - g$ pour avoir $nny - nng$, qui étant ajouté avec $\frac{dyy}{2}$, donnera une expression égale à la puissance résistante; par conséquent l'on a cette équation $nmf - nny = \frac{dyy}{2} + nny - nng$, d'où faisant passer du premier membre dans le second, le terme où se trouvera l'inconnu, & du second dans le premier, le terme où l'inconnu ne se trouve point, l'on aura après avoir multiplié par 2 & divisé par d , $\frac{2nmf + 2nng}{d} = yy + \frac{4nny}{d}$, qui est une équation dont il sera aisé d'avoir la valeur de l'inconnu, en ajoutant à chaque membre le carré de la moitié du coefficient du second terme, afin de rendre le second membre un carré parfait; & alors il viendra $\frac{2nmf + 2nng}{d} + \frac{4n4}{dd} = yy + \frac{4nny}{d} + \frac{4n4}{dd}$, dont extrayant la racine carrée & dégageant l'inconnu, il vient $\frac{\sqrt{2nmf + 2nng}}{d} + \frac{4n4}{dd} - \frac{2nn}{d} = y$.

APPLICATION.

Quand on est une fois parvenu à trouver une expression qui donne la valeur de l'inconnu, il n'y a plus qu'à faire par les nombres ce que la dernière équation nous a indiqué; cependant comme les calculs, tout aisés qu'ils sont, pourroient embarrasser ceux qui n'en ont point l'habitude, je vais, comme dans le Livre précédent, en détailler les opérations.

Nous supposons que le rayon AB est de 12 pieds; que le rayon B 3 AE est

AE est de 15; par conséquent la Voûte en aura 3 d'épaisseur; ainsi *AL* (*b*) sera de 13 pieds 6 pouces, *LK* ou *KA* (*a*) de 9 pieds 10 pouces, & *BV* (*c*) sera de 2 pieds 2 pouces; nous supposons aussi que *ZP* (*d*) ou la hauteur des piés-droits est de 15 pieds, & que *RS* (*g*) est d'un pied; & selon toutes ces suppositions $a + d - c = f$ sera de 22 pieds 2 pouces: de sorte que $f + g$ sera 23 pieds 2 pouces; or comme il ne nous reste plus que de connoître *nn*, il n'y a qu'à chercher la superficie des deux cercles qui auroient pour rayons *AC* & *AF*; c'est-à-dire, 12 & 15 pieds, ôter la plus petite de la plus grande, & prendre la huitième partie de la différence qu'on trouvera d'environ 32 pieds, qui sera la valeur de *nn*; c'est-à-dire, de chaque vouffoir *CG* ou *CE*. Presentement que l'on connoît la valeur de toutes les lettres, il ne s'agit plus que de faire les mêmes opérations que celles qui sont indiquées dans l'é-

quation $\frac{\sqrt{2nnf + 2nng}}{d} + \frac{4nn4}{dd} - \frac{2nn}{d} = y$, dans laquelle je remarque que $f + g$ est multiplié par $2nn$. Or comme $f + g$ vaut 23 pieds 2 pouces, & nn , 23 pieds dont le double est 64, je multiplie donc 64 par 23 pieds 2 pouces, & je divise le produit par la valeur de *d*, qui est 15, & le quotient donne 98 pieds 10 pouces: ensuite je remarque que le troisième terme de mon équation est le carré de $\frac{2nn}{d}$; c'est-à-dire, de 64 divisé par 15, qui donne 18, qui étant ajouté avec 98 pieds 10 pouces, l'on aura 116 pieds 10 pouces, dont il faut extraire la racine quarrée que l'on trouvera de 10 pieds 9 pouces 7 lignes; mais comme l'on voit dans l'équation qu'il faut ôter de cette racine $\frac{2nn}{d}$, il faudra donc soustraire sa valeur, c'est-à-dire, 4 pieds 3 pouces de 10 pieds 9 pouces 7 lignes, & la différence qui est 6 pieds 6 pouces 7 lignes, sera la valeur de *y*; c'est-à-dire, l'épaisseur *PS* qu'il faudra donner aux piés-droits de la Voûte dont il s'agit pour être en équilibre avec la poussée.

On prendra garde que l'épaisseur que l'on vient de trouver n'est pas celle que je prétend qu'il faut donner au pié-droit d'une Voûte qui auroit les mêmes dimensions que celle qu'on a supposée ici, puisqu'après avoir trouvé le point d'équilibre, il faut, comme on l'a dit plusieurs fois dans le Livre précédent, mettre toujours la puissance résistante au-dessus de la poussée, afin d'agir en toute seureté, ce qui se fera en donnant au pié-droit 5 ou 6 pouces d'épaisseur de plus que n'en demande le calcul, ou bien en ajoutant des contreforts comme nous en ferons mention ailleurs.

Remar-

Remarque premiere.

12. Quand on a trouvé une expression Algebrique qui marque la poussée d'une Voûte, il est facile de résoudre plusieurs cas qu'on peut proposer au sujet des Bâtimens dans lesquels on doit faire des Voûtes: en voici un autre qui se rencontre fort souvent. Fig. 8.

On a dessein de faire une Voûte *ELM* élevée sur des piés-droits *EA* & *MN*, & l'on veut faire au-dessus de la Voûte un Bâtiment, soit pour la couvrir contre les injures du tems, ou pour y pratiquer quelque logement, ainsi qu'on le fait au-dessus du passage des Portes des Villes; pour cela on sera obligé d'élever à droit & à gauche deux pignons *IG* & *OP* sur les piés-droits, qui, étant chargés de ces deux nouveaux corps de Maçonnerie, n'auront pas besoin de tant d'épaisseur que s'ils n'avoient que leur hauteur naturelle; on demande donc (étant prévenu de la hauteur *IF* & de l'épaisseur *IK*, que doivent avoir les murs qu'on veut élever en même tems que les piés-droits) qu'elle doit être l'épaisseur *AB*, pour que le tout soit en équilibre?

Nous suposerons pour plus de facilité, que le mur *IG* sera élevé sur le milieu du pié-droit; en sorte que les centres de gravité *H* & *Q* des deux murs *IG* & *DB* soient dans la même ligne *HC* qui tombe sur le milieu de *AB*, & que la Voûte dont il est question a les mêmes dimensions que cy-devant, & nommées par les mêmes Lettres: cela posé, il est certain que si on ne faisoit pas mention comme dans la figure précédente du mur *IG*, la résistance du pié-droit seroit exprimée par $\frac{dyy}{2} + nny - nng$; mais comme il faut y ajouter le poids de ce mur, multiplié par le bras de levier *AC*, si on nomme *IF*, *b*; & *IK*, *r*; l'on aura donc $\frac{dyy}{2} + nny + \frac{bry}{2} - nng$ pour la résistance d'un pié-droit de la Voûte qui devant être en équilibre avec la poussée, par conséquent cette équation $\frac{dyy}{2} + nny + \frac{bry}{2} - nng = nnf - nny$, qui ne differe de celle que nous avons vûe ci-devant que du seul terme $\frac{bry}{2}$; c'est pourquoi faisant les mêmes choses qu'on a déjà faites pour dégager l'inconnu, & pour en avoir la valeur en nombre, l'on trouvera en déterminant les dimensions *b* & *r*; combien il faudra donner de moins à l'épaisseur des piés-droits que dans le cas précédent.

Remar-

Remarque seconde.

13. Nous venons de supposer que l'*extrados* de la Voûte, sur laquelle nous avons opéré, étoit circulaire, parce qu'il s'en rencontre qui ont cette figure; mais comme dans les Places de Guerre les Voûtes des souterrains & celles des Magasins à poudre ont toujours leurs extrados terminés en *dos d'âne*, pour l'écoulement des eaux de pluie, & pour qu'elles résistent mieux en tems de Siège au choc des bombes, il est bon de nous arrêter ici un moment pour faire voir qu'on trouvera l'épaisseur des piés-droits de ces sortes de Voûtes de la même manière que dans le Problème précédent.

FIG. 10.

Prenant pour exemple le Profil d'un Magasin à Poudre, il faut être prévenu que pour mettre ces sortes d'édifices à l'épreuve de la Bombe, on donne ordinairement à la Voûte 3 pieds d'épaisseur au milieu des reins; c'est-à-dire, qu'ayant divisé le quart de cercle BD , en deux également au point C , on prolonge le rayon AC , jusqu'en F , en sorte que CF , soit de 3 pieds: & afin de bien diriger les pentes GH , & GI , on les fait perpendiculaires sur le rayon AF , & alors elles forment un angle droit HGI , au sommet, qui est l'angle qui convient le mieux pour ne point rendre le Magasin trop élevé ni trop écrasé.

Cela posé, si l'on suppose le rayon AB , de 12 pieds; la ligne AF , de 15; & la hauteur du pié-droit ZP aussi de 15, nous aurons les mêmes lignes que ci-devant, & chacune sera exprimée par les mêmes lettres & les mêmes nombres, & il n'y aura que les deux parties égales $CFGD$ & $CFHB$ de la Voûte qui seront différentes, étant beaucoup plus considérables: ce qui changera la valeur de nn .

Les triangles LKA & NOP , étant ensemble, l'on aura $LA(b)$ $LK(a) :: NP(f-y) \cdot PO\left(\frac{af-ay}{b}\right)$ & comme la partie $CFGD$.

de la Voûte agit toujours sur le joint FC ou sur la puissance O , dont la direction OL est perpendiculaire sur le milieu du joint FC , l'expression de cette puissance sera encore $\frac{nnb}{a}$, laquelle étant multipliée par son bras de levier PO , il vient $nnf - nny$ pour la poussée de la Voûte par rapport au point d'appui P .

D'un autre côté la résistance du pié-droit fera le produit de sa superficie par la moitié de la base PS , qui donne $\frac{dyy}{2}$, à quoi ajoutant le produit de la superficie de la partie $CFHB$ par son bras de levier $PR(y-g)$ l'on aura $\frac{dyy}{2} + nny - nng$ pour l'expression de la puissance

puissance résistante ; par conséquent cette équation $nnf - nny = \frac{dny}{2} + nny - nng$, qui étant la même que celle qu'on a trouvée dans la proposition précédente, se réduira à $\frac{\sqrt{2nnf + 2nng} + \frac{4n}{d}}{d} - \frac{2nn}{d} = y$, qui donnera la valeur de l'inconnu en suivant ce qui a été enseigné dans l'application.

On remarquera, comme je l'ai déjà dit, qu'il faudra chercher une nouvelle valeur de nn , ce qui est bien aisé ; car comme l'on connoît les côtés AF & FG , du triangle rectangle FGA , aussi-bien que le rayon AC , on n'aura qu'à retrancher le secteur ACD , du triangle, la différence sera la valeur de la partie $CFGD$, ou de nn , que l'on trouvera de 56 pieds.

On prendra garde aussi que la partie $FHBC$, de la Voûte qui est une avec le pié-droit étant d'une figure différente que dans le Problème précédent, le centre de gravité Q , ne sera point dans la même position par raport à la base PS , puisque la ligne RS , sera nécessairement plus grande que dans la figure 7. ce qui fait que la valeur de g , ne peut être d'un pied comme nous l'avons supposé ci-devant ; aussi l'ai-je estimé de 18 pouces : or si l'on a égard à tout ce que je viens de dire, on trouvera en faisant le calcul numérique que l'épaisseur PS , des piés-droits doit être de 7 pied 8 pouces 6 lignes dans l'état d'équilibre.

Remarque troisième.

14. Mais si l'on avoit une Voûte BDH , dont le dessus fut terminé par un Plan horizontal QX , il est constant que prolongeant les rayons AC & AT , (qui divisent les quarts de cercles DB & DH , en deux également jusqu'à la rencontre de la ligne QX) la partie supérieure $CWITD$, de la Voûte exercera toute la poussée que doivent soutenir les piés-droits : or voulant savoir l'épaisseur qu'il faut leur donner, je prolonge SB jusqu'en R , & considère le rectangle $PQRS$, comme le pié-droit qui répond au vouffoir $OWGD$; mais, dira-t-on, ce vouffoir anticipe sur le pié-droit de tout le triangle FWR , par conséquent le pié-droit a plus de superficie qu'il ne devoit avoir : cela est vrai ; mais aussi je compte de faire abstraction du triangle mixte BFC , qui appartient naturellement au pié-droit, afin d'éviter les petites circonstances qui pourroient rendre le Problème embarrassant : ainsi pour le ramener à la proposition précédente-

C

FIG. 11.

18 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

cédente, je prends la partie CF égale à DG , & j'éleve sur son milieu L la perpendiculaire LO , pour marquer la direction de la puissance O , & je tire les lignes MK & LV comme ci-devant, & les nomme aussi-bien que les autres par les mêmes lettres dont on s'est déjà servi, excepté MP que nous nommerons f : cela posé, remarquez que les triangles semblables LKA & PON donne $LA (b)$.

$LK (a) :: PN (f - c - y)$. $PO \left(\frac{af - ac - ay}{b} \right)$, & que la pé-

santeur absolue du vouffoir $CWGD (nn)$ est encore à la poussée, ou si l'on veut à l'effort de la puissance O , comme $LK (a)$ est à

$LA (b)$; ce qui donne toujours $\frac{nnb}{a}$ pour l'expression de cette

puissance, qui étant multipliée par son bras de levier PO , l'on aura $fun - cnn - ynn$, pour le produit qui doit être égal dans l'état d'é-

quilibre à la pesanteur du pié-droit $PQRS$, multiplié par son bras de levier PT ; ainsi ayant nommé QP, d ; & PS, y ; l'on aura $\frac{dyy}{2}$

pour la résistance du pié-droit, par conséquent cette équation

$fun - cnn - ynn = \frac{dyy}{2}$, qui étant multiplié par 2, & divisé par d ,

donne $2fun - 2cnn = yy + \frac{2nyy}{d}$, de laquelle dégagant l'inconnu,

il vient $\frac{\sqrt{2fun - 2cnn} + \frac{n}{d}}{d} = y$.

Si l'on suppose présentement le rayon AB de 12 pieds; GD , de 3; BS , de 15; $QP (d)$ fera de 30; LK ou $LV (a)$ fera de 9 pieds 10 pouces; $MP (f)$ de 24 pieds 10 pouces; $BV (c)$ de 2 pieds 2 pouces; & nn fera de 56 piéds: or si l'on fait toutes les opérations qui sont indiquées dans la dernière équation, l'on trouvera que l'épaisseur PS du pié-droit, c'est-à-dire y , doit être de 7 pieds 6 pouces, pour être en équilibre avec la poussée de la Voûte.

15. Je suis bien-aïse de faire observer ici en passant, que toutes les fois que nous avons multiplié l'expression de la puissance O , c'est-à-dire $\frac{nnb}{a}$ par son bras de levier $PO \left(\frac{af - ac - ay}{b} \right)$ les

lettres a & b , se sont évanouïes, n'étant resté pour le produit que $fun - cnn - ynn$, qui n'est autre chose que celui de $f - c - y$ par nn ; or comme $f - c - y$, est l'expression de l'hipotenuse NP du triangle rectangle PON , & nn la superficie du vouffoir $CWGD$, l'on peut donc tirer cette conséquence qui est que „ toutes les fois que „ le triangle LKO fera semblable au triangle PON , on n'aura qu'à „ multiplier l'expression de la pesanteur absolue du vouffoir par celle „ de

„ de l'hipotenuse NP ; pour avoir la poussée de la Voûte par raport
 „ au point d'appui P , *sans être obligé de faire aucune analogie ; c'est ce*
que nous suivrons à l'avenir pour abréger les opérations ; mais „ l'on
 „ fera attention que ceci n'a lieu que quand il est question d'une
 „ Voûte en plein ceintre.

Remarque quatrième.

16. L'on remarquera encore, que (si l'on vouloit construire un
 édifice où l'on seroit obligé de faire plusieurs Voûtes les unes sur
 les autres soutenues par les mêmes piés-droits) il n'y auroit pas plus
 de difficulté à trouver l'épaisseur de ses piés-droits, que l'on n'en
 a eu dans les cas précédens ; il arrivera seulement que les calculs
 seront un peu plus composés, comme on en va juger.

Si l'on considère le profil représenté par la Figure 2. l'on verra
 qu'on y suppose deux étages : le premier, qui est couvert par deux
 Voûtes de même grandeur, pourra être pris si l'on veut pour un
 souterrain, au-dessus duquel est un magasin qui compose le second
 étage ; & comme ce magasin est couvert par une Voûte qui est soute-
 nuë par les mêmes piés-droits que celle du souterrain, la poussée des
 deux Voûtes répondra au même point d'appui P ; par conséquent si
 on divise les quarts de cercles BD & WQ en deux également, &
 qu'on élève aux points L & X , les perpendiculaires LO & XE , elles
 représenteront comme à l'ordinaire la direction des puissances qui
 soutiendroient en équilibre la poussée des voussiors LG & XQ ; par
 conséquent, si du point d'appui P l'on abaisse sur ces directions les
 perpendiculaires PO & PE , l'on aura d'une part le triangle LKA sem-
 blable à PON , & de l'autre le triangle XIS semblable à PEH ; or
 pour avoir la poussée des deux voussiors LG & XQ , on n'aura qu'à
 multiplier la superficie du premier LG par l'hipotenuse NP du trian-
 gle rectangle PON , & celle du second XQ par l'hipotenuse PH
 du triangle PEH , & ajouter ces deux produits ensemble ; ainsi nom-
 mant $L\bar{V}$ ou MZ , a ; BV , c ; ZP , d ; MP sera $a + d$; & ZB étant
 toujours y , ML * ou MN sera $y + c$; par conséquent NP sera $a + d$
 $- c - y$; & si l'on suppose pour abréger $a + d - c = f$, NP sera
 $f - y$ qui étant multiplié par m superficie du voussior LG , l'on aura
 $m f - m y$ pour le premier produit (c'est-à-dire) pour l'expression
 de la poussée de la Voûte supérieure, de même si on nomme WT
 b ; & RP , b ; RX ou RH sera $y + b$, par conséquent HP sera $b - b$
 $- y$, Et supposant encore pour abréger $b - b = p$ HP sera $p - y$
 qui étant multiplié par la superficie du voussior XQ que nous nom-
 merons qq , l'on aura $p q q - q q y$ pour le second produit, ou si l'on

PLANCH.
3.
FIG. 2.

* Art. 15.

veut pour la pousée de la Voûte inférieure, qui étant ajoutée avec celle de la supérieure, il viendra $nnf - nny + pqq - qgy$ pour la pousée que soutient le pié-droit PB : & comme la résistance du pié-droit jointe au vouffoir ZLB , est exprimée comme ci-devant par

$\frac{ddy}{2} - nny - nng$ (car nous faisons abstraction de la partie XW de la Voûte du souterrain, parce que cette partie se trouve presque entièrement enclavée dans le pié-droit) l'on aura donc cette équation

$nnf - nny + pqq - qgy = \frac{ddy}{2} + nny - nng$; d'où faisant passer

dans le second membre les termes où se trouvent l'inconnu, & du second dans le premier ceux où l'inconnu ne se trouve point, l'on

aura $nnf + \frac{nng + pqq}{d} = \frac{yy}{2} + \frac{2nny + qgy}{d}$ après avoir divisé par

d ; & si l'on suppose $\frac{2nn + qq}{d} = r$, mettant r à la place de sa valeur

multipliant toute l'équation par 2, & faisant du second membre un

quarré parfait, l'on aura $2nnng + 2nnf + 2pqq + rr = yy + 2ry + rr$,

d'où dégagant l'inconnu il vient enfin $2nnng + 2nnf + 2pqq + rr - r$

$= y$, qui donne en terme connu la valeur de y ; ainsi l'on n'aura

qu'à déterminer si l'on veut les dimensions de la figure pour avoir

la valeur des lettres, & ensuite faire avec les nombres les mêmes

opérations que celles qui sont indiquées dans l'équation, & l'on

trouvera l'épaisseur qu'il faut donner aux piés-droits pour être en

équilibre avec la pousée des deux Voûtes.

Quand les Voûtes sont couvertes par une surface horifontale

servant de rez-de-Chaussée à l'étage qui est au-dessus, il n'est pas

nécessaire d'avoir égard aux poids des terres ou des autres maté-

riaux qu'on met au-dessus des reins pour remplir les vuides; car

comme ces matériaux agissent dans un sens perpendiculaire, ils

font un effort qui diminue en quelque façon la pousée puisqu'ils

aident les piés-droits à y résister: ainsi il suffira de considérer la Voû-

te pour en avoir les piés-droits, comme s'il n'étoit pas question de

cette nouvelle charge, c'est pourquoi je n'en ai pas fait mention

dans les calculs précédens.

Remarque cinquième.

PLANCH.
5.
FIG. 1.

Il se fait quelquefois des Voûtes dont l'imposte faille au-delà du mur, & alors cette Voûte est nommée *encorbeillement*, parce qu'elle est portée par des corbeaux de Pierre: telle est la Voûte en plain ceintre

ceintre *BDH*, qui repose sur les corbeaux *BE* & *HX*, dont la faille *EB* & *HX* est à peu-près égale à l'épaisseur de la Voûte: comme cette construction n'est guère solide, je me garderai bien de la proposer pour modele, principalement dans les ouvrages de Fortifications, où il faut que les Voûtes soient d'une certaine épaisseur & solidement établis: mon dessein est seulement de montrer qu'elle a beaucoup moins de poussée, que si elle reposoit directement sur les piés-droits comme à l'ordinaire, & qu'on peut la mettre en usage dans les bâtimens civils, quand on veut voûter quelqu'endroit dont les murs qui doivent servir de piés-droits se trouvent tous faits, mais trop foibles, parce qu'ils peuvent avoir été bâtis anciennement sans qu'on ait eu en vuë de leur faire porter une Voûte.

Or, pour juger de combien cet encorbeillement soulage les piés-droits, nous tirerons les lignes comme à l'ordinaire, & nous nommerons *CV*, *c*; *ZC* ou *PS*, *y*; *ZP*, *d*; *MP*, *f*; *SR*, *g*; ainsi *ML* ou *MN* sera *y + c*; & par conséquent *NP* sera *f - c - y*, & comme nous supposons, que la superficie de chaque vouffoir *LGD* ou *LCB* est toujours exprimée par *nn* il s'ensuit par l'article 15. que multipliant *nn* par *NP* (*f - c - y*) on aura *fnn - cnn - nny*, pour la poussée de la Voûte; d'un autre côté la résistance des piés-droits

sera toujours $\frac{dyy}{2}$, à quoi ajoutant celle du vouffoir *CLB* qui est le produit de *nn* par le bras de levier *PR* (*y + g*) l'on aura cette équation $fnn - cnn - nny = \frac{dyy}{2} + ynn + gnn$, ou bien

$$\frac{2fnn - 2cnn - 2gnn}{d} = yy + \frac{4nny}{d} \text{ après avoir fait la réduction,}$$

multiplié par 2 & divisé par *d*, or si l'on change le second membre en un quarré parfait & qu'on dégage ensuite l'inconnu il viendra

$$\sqrt{\frac{2fnn - 2cnn - 2gnn}{d}} + \frac{4n^2}{dd} - \frac{2nn}{d} = y.$$

Pour connoître la valeur de l'inconnu, nous suposerons que le rayon *AB* est de 12 piés, que la Voûte en a trois d'épaisseur, que les piés-droits ont 15 piés de hauteur, & que la ligne *SR* (*g*) est de 2 piés, ainsi on trouvera que *MP* (*f*) vaut 24 piés 10 pouces & que *EV* (*c*) vaut 5 piés 2 pouces; or puisqu'on a la valeur de toutes les lettres qui se trouvent dans le premier membre de l'équation précédente, on trouvera en faisant les opérations qui y sont indiquées, que l'épaisseur des piés-droits doit être de 5 piés 5 pouces; & comme nous avons vu dans l'art. 11. que les piés-droits d'une Voûte qui auroit les mêmes dimensions que celle-ci sans être sou-

tenuë par des corbeaux, devoit avoir 6 pieds 6 pouces 7 lignes d'épaisseur, il s'ensuit que l'encorbeillement donnera 1 pied 1 pouce 7 lignes pour la différence de l'épaisseur des piés-droits.

On fera attention (quand on fait des Voûtes par encorbeillement) de charger les piés-droits d'une bonne maçonnerie *II* pour maintenir solidement la queue des pierres qui composent les corbeaux, afin d'avoir un contre-poids qui fasse équilibre à celui de la Voûte.

PROPOSITION SECONDE.

PROBLÈME.

Trouver quelle épaisseur il faut donner aux piés-droits d'une Voûte lorsque ces piés-droits auront un talud déterminé.

17. Nous avons supposé jusqu'ici que les piés-droits des Voûtes étoient élevés à plomb des deux côtés, parce qu'il n'arrive guère qu'on les fasse autrement: cependant, si on se rapelle ce qui a été dit dans le premier Livre, l'on verra que leur donnant un peu de talud du côté opposé à la poussée, on pourra avec moins de Maçonnerie les mettre en état de soutenir la poussée de la Voûte; & c'est ce que l'on se propose d'expliquer ici, afin de ne rien négliger de tout ce qui peut interresser le sujet que je traite.

FIG. 3.

Pour trouver l'épaisseur *ZB* ou *PS* du pié-droit *PB* auquel on se propose de donner un talud exprimé par *FZ* ou *PX*, je tire toutes les lignes qu'on a tirées dans les Figures précédentes, & je nomme *KA* ou *MF*, *a*; *FZ* ou *PX*, *b*; *BV*, *c*; *ZX* ou *FP*, *d*; *ZB*, *y*; ainsi *FV* ou *ML* ou *MN* sera $b + c + y$; & *MP* $a + d$, par conséquent *NP* sera $a + d - b - c - y$; & suposant $a + d - b - c = f$, *NP* sera $f - y$; or, comme les triangles *LKA* & *PON* sont semblables, multipliant $f - y$ par *nn*; c'est-à-dire par la superficie du vouffoir *LGD*, on aura *nnf - nny* pour l'expression de la poussée de la Voûte par raport au point d'appui *P*.

Presentement, pour avoir celle de la résistance du pié-droit, je considère que la superficie du triangle rectangle *PZX* est $\frac{bd}{2}$ & que si la ligne *PT* est les deux tiers de *PX*, le point *T* sera celui où on pourra réunir la superficie du triangle; ainsi multipliant $\frac{bd}{a}$ par $\frac{2b}{3}$, l'on aura après la réduction $\frac{bbd}{3}$ pour le produit de la superficie du trian-

triangle par le bras de levier PT , je multiplie de même la superficie du rectangle $XZBS$ (dy) par le bras de levier PT ($b + \frac{y}{2}$) pour

avoir $b dy + \frac{dy^2}{2}$: enfin comme le centre de gravité Q du vouffoir ELB répond au point R , je multiplie la superficie nn par le bras de levier PR ; c'est-à-dire par $b + y - g$ (car je suppose toujours $RS = g$) & le produit donne $bnn + ynn - gnn$; or ajoutant ensemble ces trois produits, l'on aura la résistance du pié-droit, par conséquent cette

équation $fnn - nny = \frac{b b d}{3} + b dy + \frac{dy^2}{2} + bnn + nny - gnn$, ou bien $\frac{fnn - bnn + gnn}{d} + \frac{bb}{3} = \frac{yy}{2} + \frac{2nny}{d} + by$, (après avoir divisé par d , & fait passer dans les mêmes membres les termes où se trouvent l'inconnu.) Or si l'on suppose $\frac{2nn}{d} + b = p$, & qu'on mette p à la place de sa valeur, on pourra du second membre en faire un quarré parfait & dégager l'inconnu comme à l'ordinaire pour avoir cette dernière équation $\frac{\sqrt{2fnn + 2ggn} - 2bnn}{d} - \frac{2bb}{3} + pp - p = y$.

APPLICATION.

Suposant la hauteur du pié-droit FP , (d) de 15 pieds, & son talud que EZ (b) de 3, KA (a) fera de 9 pieds 10 pouces, BV (c) de 2 pieds 2 pouces, ainsi $a + d - b - c$, c'est-à-dire f fera de 19 pieds 8 pouces, & la superficie du vouffoir LGD de 32 pieds; or pour avoir la valeur de p qui est la seule lettre qui nous reste à connoître, je me rapelle qu'on a supposé $\frac{2nn}{d} + b = p$, & comme

$\frac{2nn}{d}$ vaut 4 pieds 3 pouces, & b 3 pieds; p vaudra donc 7 pieds 3 pouces; ainsi ayant la valeur de toutes les lettres, je fais avec les nombres les mêmes opérations qui sont indiquées dans l'équation

$$\frac{\sqrt{2fnn + 2ggn} - 2bnn}{d} - \frac{2bb}{3} + pp - p = y; \text{ \& je trouve que } y \text{ ou}$$

si l'on veut l'épaisseur de ZB est de 3 pieds 9 pouces 3 lignes; c'est-à-dire que si l'on donne 3 pieds de talud au pié-droit & 3 pieds 9 pouces 3 lignes d'épaisseur au sommet, ils seront en équilibre par leur résistance avec la poussée de la Voûte.

Remar-

Remarque première.

18. Pour juger combien il faudroit moins de Maçonnerie pour les piés-droits de la Voûte que nous venons de calculer, que pour ceux du premier Problème, il n'y a qu'à comparer l'épaisseur du Profil de l'un, avec celle du Profil de l'autre, puisqu'ils ont la même hauteur: pour cela j'ajoute les lignes *ZB* & *PS* ensemble; c'est-à-dire 3 pieds 9 pouces 3 lignes, & 6 pieds 9 pouces 3 lignes, & prens la moitié de la somme qui est de 5 pieds 3 pouces 3 lignes pour l'épaisseur réduite, qui étant comparée avec 6 pieds 6 pouces 7 lignes, épaisseur des piés-droits du premier Problème, la différence sera d'un pied trois pouces 4 lignes: ce qui fait voir qu'en donnant au pié-droit un talud tel que nous l'avons supposé, on emploiera environ un cinquième moins de Maçonnerie, que si l'on avoit fait ces piés-droits à plomb des deux côtés.

Remarque seconde.

19. Quand on a trouvé, comme dans le premier Problème, l'épaisseur qu'il faut donner aux piés-droits d'une Voûte, pour être en équilibre avec la poussée, on peut sans augmenter la dépense mettre la résistance des piés-droits beaucoup au-dessus de la poussée afin d'être sûr que quelque chose qui arrive les piés-droits demeureront inébranlables: pour cela il ne faut que diminuer un peu l'épaisseur des piés-droits au sommet, & augmenter celle de la base de la même quantité; par exemple, si l'on a trouvé qu'il falloit 7 pieds d'épaisseur aux piés-droits, on en donnera 6 au sommet & 8 à la base.

Les murs, qui sont exposés à l'injure de l'air, & qui ont un talud, étant plus sujets à être dégradés que ceux qui n'en ont point, on ne manquera pas de dire que dans la pratique on fera peu d'attention à l'avantage que je prétend en tirer: l'on prendra là-dessus le parti qu'on jugera à propos, ce que l'on vient d'enseigner n'en sera pas moins vrai.

PROPO-

PROPOSITION TROISIEME.

PROBLEME.

Trouver l'épaisseur qu'il faut donner aux piés-droits des Voûtes lorsque ces piés-droits sont accompagnés de contreforts.

Je suppose qu'il est question de construire une Voûte dont les piés-droits doivent être soutenus par des contreforts; que l'on est convenu de la longueur & de l'épaisseur de ces contreforts, aussi-bien que de la distance des uns aux autres; & qu'il n'est plus question que de savoir l'épaisseur qu'il faudra donner aux piés-droits, afin qu'étant aidés des contreforts, le tout soit en équilibre avec la poussée.

Si l'on considère la Figure cinquième, l'on verra que le point d'appui qui soutient tous les efforts de la poussée de la Voûte n'est plus comme ci-devant à l'endroit *T* de la base des piés-droits, mais bien à l'extrémité *P* de la queue des contreforts *TPQC*; ce qui montre que la perpendiculaire *PO*, abaissée sur la direction *LO* de la puissance, exprime le bras de levier qui répond à cette puissance: cela posé, ayant tiré les autres lignes comme à l'ordinaire, nous nommerons *KA* ou *MZ*, *a*; *ZC* ou *PT*, *b*; *BV*, *c*; *CT*, *d*; *CB* ou *TS*, *y*; ainsi *ML* ou *MN*, sera $b + c + y$; & *MP*, $a + d$; par conséquent *NP*, $a + d - b - c - y$, ou bien $f - y$ en supposant $a + d - b - c = f$.

FIG. 4
& 5.

Comme le triangle *PON* est semblable à *LKA*, il s'ensuit que multipliant la superficie du vouffoir *LGD* (*nn*) par *NP* ($f - y$) on aura $fn - ynn$ pour l'expression de la poussée de la Voûte: * présentement pour avoir celle de résistance des piés-droits & des contreforts, je considère que les contreforts, tels que ceux dont on se sert pour soutenir les Voûtes, ont toujours leur sommet *QC*, terminé en pente, pour faciliter l'écoulement des eaux de pluie; c'est pourquoi j'abaisse la perpendiculaire *QH* sur *CT*, & divise *CH* en deux également au point *I*, afin d'avoir la ligne *IT*, que nous nommerons *b*; qui étant multiplié par *PT* (*b*), l'on aura *bd* pour la superficie de la coupe du contrefort *PQCT*, que nous supposerons réunie au point *T* milieu de *PT* (comme si cette coupe étoit un rectangle) afin d'éviter les petits détails auxquels on seroit assujéti, si l'on vouloit examiner les choses dans toute leur précision; ainsi multipliant *bb* par *PT* ($\frac{b}{2}$) on aura $\frac{bbb}{2}$ pour le produit du poids 4 par son bras de levier.

* Art. 15.

D

Car

Car nous supposons que la base des contreforts est rectangulaire; mais comme il faut avoir égard au rapport de l'épaisseur des contreforts à leur distance, nous supposerons que ce rapport est comme 1 à 2; c'est-à-dire par exemple, que si les contreforts ont trois pieds d'épaisseur, ils seront à 6 de distance; ainsi comme ils occupent un tiers de l'espace qui regne derrière les piés-droits, il faudra donc diviser $\frac{bbb}{2}$ par trois; afin d'avoir $\frac{bbb}{6}$ pour la résistance des contreforts, comme on l'a expliqué dans l'article 46 du premier Livre.

Delà je passe aux piés-droits TB , dont la superficie, ou si l'on veut le poids y , est dy , qui étant multiplié par son bras de levier PX $(b + \frac{y}{2})$ l'on aura $bdy + \frac{dy^2}{2}$; enfin je multiplie la superficie du vouffoir CFB (nn), c'est-à-dire, le poids 6, par son bras de levier PR $(b + y - g)$ & le produit donne $nmb + nny - nng$, qui étant ajouté avec les deux précédens, on aura l'expression de la puissance résistante, qui étant comparée avec celle qui agit, donne cette équation dans

Pétat d'équilibre: $nny - nng = \frac{bbb}{6} + bdy + \frac{dy^2}{2} + nmb + nny - nng$, laquelle étant réduite, il vient $\frac{nny + nng - nmb}{d} - \frac{bbb}{6d} = \frac{yy}{2} + \frac{2nny}{d}$

+ by ; & suposant $\frac{2nn}{d} + b = p$; on mettra p à la place de sa valeur pour changer le second membre en un quarré parfait; & dégager l'inconnu, afin d'avoir cette dernière équation

$\sqrt{\frac{2nny + 2nng - 2nmb}{d} - \frac{bbb}{3d}} + pp - p = y$, qui donne ce que l'on demande.

A P P L I C A T I O N.

Suposant le rayon AB de 12 pieds; AF de 15; KA (a) sera toujours de 9 pieds 10 pouces, BP (c) de 2 pieds 2 pouces; & le vouffoir LGD (nn) de 56 pieds quarrés; d'un autre côté nous suposerons que la longueur PT (b) des contreforts est de 5 pieds; que la hauteur ZP (d) des piés-droits est encore de 15 pieds; & que CH est égal à HQ ; par conséquent IT sera de 12 pieds 6 pouces. On trouvera aussi que f est de 17 pieds 8 pouces; & p de 12 pieds 6 pouces: cela posé, si l'on fait avec la valeur des lettres les opérations qui sont marquées dans l'équation

$\sqrt{\frac{2nny - 2nng - 2nmb}{d} - \frac{bbb}{3d}} + pp - p = y$, l'on trouvera que l'épaisseur TS des piés-droits doit être de 3 pieds 1 pouce 5 lignes, pour

pour qu'aidés des contreforts ils soient en équilibre avec la poussée de la Voûte.

Remarque première.

21. Pour connoître l'épargne qu'on peut faire sur la Maçonnerie, quand on employe des contreforts, il faut se ressouvenir que dans l'Article 13. nous avons trouvé qu'il falloit donner 7 pieds 8 pouces 6 lignes d'épaisseur aux piés-droits d'une Voûte semblable à celle-ci pour être en équilibre avec la poussée; ainsi cette dimension étant multipliée par la hauteur 15 des piés-droits, le produit sera 115 pieds 7 pouces 6 lignes pour l'estimation des mêmes piés-droits: présentement si on multiplie aussi l'épaisseur que nous venons de trouver; c'est-à-dire, 3 pieds 1 pouce 5 lignes, par 15, l'on trouvera environ 47 pieds 6 pouces pour l'estimation des piés-droits *T.B.*; mais comme il faut aussi faire celle des contreforts, je multiplie leur hauteur réduite *IT*, qui est 12 pieds 6 pouces, par la longueur *PT*, de 5 pieds, & je prens le tiers du produit à cause que les contreforts n'occupent qu'un tiers de l'espace qui regne derrière les piés-droits, & il vient 20 pieds 10 pouces, que j'ajoute avec 47 pieds 6 pouces, pour avoir 68 pieds 4 pouces, qui étant comparés avec 115 pieds 7 pouces 6 lignes, la différence est 47 pieds 3 pouces 6 lignes: ce qui fait voir qu'on emploiera environ deux cinquièmes moins de Maçonnerie, en ajoutant des contreforts tels que nous venons de les supposer, qu'il n'en auroit fallu en n'en faisant point: par conséquent, si au lieu de donner 5 pieds de longueur aux contreforts, on leur en donnoit 5 pieds & demi, la résistance des piés-droits seroit beaucoup au-dessus de la poussée de la Voûte, & on épargneroit encore bien de la Maçonnerie; ou si l'on veut on pourroit laisser les contreforts comme ils sont, & donner 3 pieds & demi d'épaisseur aux piés-droits: ce qui reviendra à peu-près au même.

Remarque seconde.

22. On observera en passant qu'en réglant la distance des contreforts, on ne doit pas trop les éloigner ni leur donner trop de longueur, crainte d'affoiblir l'épaisseur des piés-droits, si l'on veut considérer le tout dans l'état d'équilibre; puisqu'il faut avoir égard à la liaison des matériaux qui ne doivent point dans la pratique être regardés comme absolument indissolubles: je veux dire (par exemple) que si l'on s'apercevoit que pour avoir donné trop de longueur aux contreforts, la valeur de y ne fût point suffisante pour rendre

18 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

les piés-droits d'une épaisseur raisonnable, desorte qu'on pourroit craindre que la poussée de la Voûte fit souffler la Maçonnerie entre-deux contreforts, il vaudroit mieux diminuer la longueur des contreforts afin que les piés-droits en devinssent plus épais; par la même raison il est plus à propos de partager la Maçonnerie qu'on destine à soutenir les piés-droits en multipliant les contreforts, que d'en mettre une moindre quantité, & les faire plus épais; je veux dire par exemple que si l'on vouloit soutenir une Voûte par des contreforts, dont la Maçonnerie occupât un tiers de l'espace qui regne entre les piés-droits & la queue des contreforts, au lieu de faire les contreforts de 6 pieds d'épaisseur & de 12 pieds de distance de l'un à l'autre, il vaudroit beaucoup mieux ne leur donner que 3 pieds d'épaisseur, & les mettre à six pieds de distance; parce que plus les piés-droits auront de points d'appui, & plus l'ouvrage sera solide: l'on sent bien que je veux parler des contreforts qui sont appliqués aux ouvrages de Fortifications; car je n'ignore pas que quand il s'agit de quel qu'autre édifice, où il faut que la décoration & la solidité soient de concert (comme par exemple aux Eglises) il n'est pas toujours libre de déterminer la distance des contreforts, puisqu'il faut avoir égard à la largeur des croisées qui sont pratiquées entre-deux, & aux endroits de la Voûte qui doivent être arbutés préféablement à d'autres, parce que dans ces sortes d'édifices les Voûtes n'agissent point par-tout également, leur poussée se réunissant à certains points, qui indiquent d'eux-même la position des contreforts.

Remarque troisième.

23. On peut encore remarquer, que la poussée d'une Voûte augmente ou diminue selon que le point d'appui P , est éloigné du point S , extrémité de la perpendiculaire BS ; car si l'on se rappelle que cette poussée dépend du produit de la pesanteur relative du vousoir LGD par la perpendiculaire PO , l'on verra que plus le point d'appui P sera éloigné de S , plus la perpendiculaire PO sera raccourcie; ainsi plus la base des piés-droits aura de largeur & moins il faudra de résistance pour soutenir la poussée: que s'il arrivoit que le point d'appui P fut tellement éloigné de S que la ligne de direction LO passât pour le point P , c'est-à-dire, que les points O & P fussent confondus, alors l'action du vousoir LGD ne feroit aucun effet sur le pié-droit: car la ligne MP deviendrait zéro, & zéro multiplié par un , ne peut donner que zéro.

Remar-

Remarque quatrième.

24. Puisque tous les points d'appui qui soutiennent la poussée d'une Voûte se rencontrent positivement sous la queue des contreforts, on voit qu'en construisant les fondemens on ne sauroit les faire trop solides en ces endroits-là ; c'est pourquoi je voudrois qu'ils fussent composés des plus gros quartiers de pierres posées sur deux rangs de madriers, quand même le terrain sur lequel on voudroit asséoir la Fondation paroîtroit ferme ; puisqu'il n'y a point à douter que la Voûte, si elle est massive, ne cause par sa poussée quelque affaissement à l'extrémité des contreforts : il paroît même que pour plus de sûreté on ne feroit pas mal de faire les fondemens des contreforts d'un pied & demi ou deux pieds plus longs que les contreforts mêmes, donnant aussi beaucoup de retraite sur les côtés, afin d'avoir de grands ampâtemens, qui allongent le bras de levier & fortifient le point d'appui. J'ai vu un Magasin à poudre dont la Voûte s'est fendue des deux côtés au milieu des reins depuis un pignon jusqu'à l'autre, peu de tems après avoir été bâti, quoique les dimensions des piés-droits & des contreforts fussent beaucoup au-dessus de celles qu'il auroit falu pour en soutenir la poussée, & que la Maçonnerie fut fort bonne ; ayant examiné de quelle part cela pouvoit provenir, je me suis aperçu que le terrain au-dessus des fondemens de la queue des contreforts avoit fléchi, au lieu que cela ne seroit pas arrivé si l'on avoit mis deux ou trois bons madriers l'un sur l'autre pour assurer le point d'appui.

Les Ingenieurs qui ont beaucoup d'experience sentiront mieux que personne la conséquence de cette remarque, non-seulement au sujet des contreforts ; mais encore pour tous les autres fondemens qui doivent servir de point d'appui : aussi voit-on que M. de Vauban en fortifiant le neuf Brisack a assuré le bord des fondemens de tous les revêtemens de Maçonnerie par un rang de madriers qui regne le long du pourtour de chaque ouvrage.

CHAPITRE TROISIÈME.

De la maniere de trouver l'épaisseur des pié-droits des Voûtes surbaissées en tiers-points, en plate-Bande, & celles des cu-lées des Ponts de Maçonnerie.

JE crois avoir suffisamment expliqué les Voûtes en plein ceintre dans le Chapitre précédent pour n'en plus faire mention ; c'est pourquoi je vais examiner dans celui-ci celles que l'on nomme *surbaiissées* ou *Elliptiques*, les autres qu'on appelle *Gothiques*, ou en *tiers-points*, enfin celles que l'on nomme *plate-bande*, parce qu'elles ne font aucune courbure sensible, étant plates comme un *plat-fond*. Cependant, comme les Voûtes surbaissées dont nous allons parler seront suposées parfaitement Elliptiques, & non point tracées par des portions de cercle comme font la plupart des Ouvriers, il est bon avant toutes choses de prévenir le lecteur de quelque propriété des Sections Coniques, auxquelles nous serons obligés d'avoir recours, afin de ne rien suposer dont on n'aperçoive sur le champ les raisons ; ainsi on fera bien de s'appliquer à ce qui suit.

Principes tirés des Sections Coniques.

PLAN. 5. 25. Il est démontré dans les Sections Coniques, que si l'on mène
FIG. 7. une ordonnée GH au grand axe AB d'une Ellipse, le rectangle compris sous AG & GB est au quarré de GH , comme le quarré de AF est au quarré de FD : ainsi nommant AF, a ; FD, b ; GF, x ; GH, y ; on aura $aa - xx. yy : : aa. bb$.

Second Principe.

V. le C. 26. Il est aussi démontré, que si l'on fait FI troisième proportion-
Art. 436. nelle à FG & à FA , tirant la ligne HI , elle fera tangente au point H , ce qui donne $FI = \frac{aa}{x}$, d'où l'on tire $IG = \frac{aa - xx}{x}$.

Troi-

Troisième Principe.

27. Si au point H , où une tangente HI , touche l'Ellipse on élève une perpendiculaire HK qui aille rencontrer l'axe AB au point K , je dis que FG est à GK comme le quarré de AF est au quarré de FD , ou, ce qui revient au même, comme le rectangle de AG par GB est au quarré GH .

Pour le prouver, considérez que les triangles IGH & GHK , sont semblables, par conséquent $IG \left(\frac{aa - xx}{x} \right), GH (yy) :: GH$

$(y); GK \frac{(yy)}{aa - xx}$; ou ce qui est la même chose $\frac{yyx}{aa - xx}$; comme

nous avons l'expression de KG , il n'est donc question que de prouver que $GF (x)$ est à $GK \left(\frac{yyx}{aa - xx} \right)$ comme le rectangle de AG par GB $(aa - xx)$ est au quarré de $GH (yy)$, ce qui est bien évident, puisqu'il faut que le produit des extrêmes & celui des moyens donnent l'un & l'autre yyx ; car on remarquera que c'est multiplier le second terme yyx par $aa - xx$ que de ne le pas diviser par la même quantité.

Comme les propriétés de l'Ellipse sont toujours les mêmes, soit que la tangente aille rencontrer le grand axe AB prolongé, ou le petit axe DE aussi prolongé, l'on verra par une démonstration semblable à la précédente, que si la perpendiculaire élevée sur la tangente IO alloit rencontrer le petit axe ED au point L , l'on auroit encore le quarré de EF est au quarré de AF comme la coupée MF est à la ligne ML .

COROLLAIRE PREMIER.

28. Il suit du premier principe, que quand on connoîtra les deux diamètres AB & ED d'une Ellipse, & la distance du centre F au point G où on aura mené une ordonnée GH , qu'on connoîtra toujours la valeur de cette ordonnée en nombre, en disant si le quarré du demi diamètre AF donne tant pour le quarré du diamètre FD , que donnera la différence du quarré de AF au quarré FG , pour le quarré GH que l'on cherche? lequel étant trouvé, on n'aura qu'à en extraire la racine quarrée, qui sera la perpendiculaire GH .

COROLLAIRE SECOND.

29. Il suit aussi du troisième principe, que si on avoit besoin de
con-

connoître la valeur de la partie ML , comprise entre l'ordonnée HM & la perpendiculaire HL élevée à l'extrémité de la tangente IH , on n'aura qu'à dire si le carré EF donne le carré FB , que donnera la ligne FM pour la valeur de la ligne ML ; ce qu'on trouvera en faisant la règle.

Remarque.

FIG. 6.

30. Comme l'on ne parvient avec le secours de l'Algebre à la connoissance des grandeurs que l'on cherche, que par le moyen de celles que l'on connoît déjà, il faut nécessairement, pour déterminer l'épaisseur des piés-droits qui soutiennent les Voûtes Elliptiques, connoître certaines lignes qu'on ne peut avoir que mécaniquement (c'est-à-dire) en traçant une demi Ellipse semblable à celle dont on veut faire la Voûte; & comme les Ellipses en pareil cas ne sauroient être trop grandes, afin d'avoir ce que l'on demande avec plus de précision; voici comme on s'y prendra.

Ayant tracé sur le parquet d'une Chambre ou sur une grande Table une ligne AB de 5 à 6 piés de longueur, pour servir de grand axe, on la divisera en deux également au point D , & à ce point on élèvera la perpendiculaire DC dont la longueur doit avoir le même rapport avec la ligne AB , que la hauteur de la Voûte dans œuvre qu'on se propose de faire, aura avec sa largeur: ensuite il faut tirer les lignes CE & EF , en sorte qu'elles soient chacune égales à la moitié du grand axe AB , afin d'avoir les points E & F , qui seront les foyers de l'Ellipse: après cela, l'on aura de la ficelle bien fine & bien unie ou un cordon de foye, & on prendra dans cette ficelle une longueur qui soit parfaitement égale à l'axe AB , on attachera les deux extrémités de cette longueur aux points E & F , & on se servira d'un poinçon pour tenir la ficelle tendue, avec lequel on tracera en même tems la courbe $AGHB$ en allant du point A au point C , & du point C au point B ; car l'on entend bien que cette ficelle doit glisser autour du poinçon G , & qu'elle doit être toujours également tendue: cette maniere de tracer l'Ellipse est la plus commode que je sache; j'ay jugé à propos de la rapporter ici, quoiqu'elle soit assez connue; mais ce n'est point un mal de rendre les choses présentes, quand on rencontre les occasions d'en faire usage.

FIG. 6.

L'Ellipse étant tracée, il faut faire une échelle & avoir égard à la quantité des piés qu'on veut donner de largeur à la Voûte; si c'est par exemple 24 piés, je divise la ligne AB en quatre parties égales & une de ces parties étant divisée en piés, pouces, & lignes, on connoitra la valeur des lignes qu'on sera obligé de tracer dans l'Ellipse

l'Ellipse. Par exemple, si on avoit quelque raison pour abaisser du point H , pris sur la courbe la perpendiculaire HI , à l'axe AB , on pourra avec l'échelle trouver la valeur de la coupée DI , & de l'ordonnée IH , en pieds pouces & lignes aussi exactement qu'on peut le désirer dans la Pratique. Nous allons faire usage de tout ceci.

PROPOSITION PREMIERE.

PROBLEME

Trouver l'épaisseur qu'il faut donner aux piés-droits d'une Voûte Elliptique.

31. Comme la poussée d'une Voûte se fait toujours selon les directions des tangentes menées à la courbe qu'elle forme, il faut commencer par diviser le quart d'Ellipse BD , en deux également au point L , pour mener à ce point la tangente LO , & sur l'extrémité L , la perpendiculaire LA , qui étant prolongée jusqu'en F , partagera comme à l'ordinaire la demi Voûte en deux parties à peu-près égales; alors la ligne FA , pourra être regardée comme le plan incliné sur lequel agit le vouffoir $FGDL$, & la ligne OL , comme la direction de la puissance qui seroit en équilibre avec l'action du même vouffoir: on sera peut-être surpris que cette direction ne soit pas perpendiculaire sur le milieu du joint FL , comme dans les problèmes précédents; mais comme il falloit nécessairement qu'elle répondit au point L , pour avoir les lignes LK, LV, KA , nous avons été obligé d'en user ainsi afin d'agir avec plus de précision, mais nous y aurons égard dans l'application; ainsi suposant les autres lignes tirées comme ci-devant, nous nommerons LK, a ; KA, b ; LA, c ; BV, d ; BS, f ; MP, g ; ZB, y ; & le vouffoir CG , ou CE , *m.*

FIG. 8.

Cela posé, je considere que les triangles LKA & LMN , étant semblables donnent $AK (b), LK (a) :: LM (y+d), MN (\frac{ay+ad}{b})$ par consequent NP fera $\frac{gb-ad-ay}{b}$, & comme les triangles LKA & NOP , sont encore semblables on aura aussi $LA (c), AK (b) :: NP (\frac{gb-ad-ay}{b}), PO (\frac{gb-ad-ay}{c})$ qui donne l'expression du

E

bras

bras de levier PO , presentement pour avoir l'expression de la puissance O , je considere que la pesanteur absolue du vouffoir LGD , est à son effort sur le joint FL , comme $LK(a)$ est à $LA(r)$, & qu'ainsi il faudra multiplier $\frac{cnn}{a}$ par le bras de levier PO , qui donne $\frac{gbnn}{a} - ndn - nny$ pour l'expression de la poussée de la Voûte par raport au point d'appui P , d'un autre côté pour avoir celle de la résistance du ple-droit PB , jointe au vouffoir FB , je multiplie le rectangle $PB(fy)$ par $PT(\frac{y}{2})$ & la superficie du vouffoir $FB(mn)$ par le bras de levier $PS(y)$; (car je suppose que la ligne de direction tirée du centre de gravité Q , tombe à peu-près au point S , ce vouffoir étant beaucoup plus incliné que dans la Voûte en plein ceintre) ainsi ajoutant ces deux produits ensemble pour les comparer avec la poussée de la Voûte, il vient cette équation $\frac{gbnn}{a} - dnn - nny = \frac{fyy}{2} + nny$, laquelle étant réduite, divisée par f , & multipliée par 2, il vient $\frac{2gbnn}{af} - \frac{2dnn}{f} = yy - \frac{4nny}{f}$! or changeant le second membre en un quarré parfait, & dégageant l'inconnu, on aura $\frac{2gbnn}{af} - \frac{2dnn}{f} + \frac{4n^2}{ff} - \frac{2nn}{f} = y$, qui donne ce que l'on cherche.

APPLICATION.

FIG. 8.

Pour rapporter le Probleme précédent à la pratique, il faut commencer par tracer une grande Ellipse comme on l'a enseigné dans l'Article 36. Enforte que les deux demi axes soient dans la raison des lignes HB & HD ; par exemple si la largeur de la Voûte dans l'œuvre étoit de 24 pieds, & que la hauteur DH , fut les deux tiers de cette même largeur, BH seroit de 12 pieds, & DH de huit; or divisant un quart de cette Ellipse en deux également, on abaissera du point de division une perpendiculaire comme LV , dont il sera aisé de connoître la valeur par le moyen de l'échelle aussi-bien que de la ligne VH ou LK , ayant donc fait moi-même ce que je viens de dire, j'ai trouvé que LV ou KH , étoit de 6 pieds 3 pouces, & que LK ou VH , étoit de 7 pieds 6 pouces; & comme il falloit aussi connoître KA , j'ai dit selon l'Article 29. comme le quarré de DA est au quarré de HB , de même la ligne KH est à la ligne KA , que j'ai trouvée de 14 pieds 9 lignes. La

La Voûte étant supposée de 3 pieds d'épaisseur, pour avoir la superficie des voussours FD ou FB , j'ai cherché celle de la grande & la petite Ellipse *, & ayant retranché l'une de l'autre, j'ai pris la huitième partie de la différence qui m'a donné 27 pieds; ainsi supposant la hauteur du pié-droit de 15 pieds, on aura la valeur de toutes les lettres qui se trouvent dans l'équation précédente, puisque LK (a) sera de 7 pieds 6 pouces, KA (b) de 14 pieds 9 lignes, BV (d) de 4 pieds 6 pouces, ZP (f) de 15 pieds, MP (g) de 21 pieds 3 pouces; à quoi il faut ajouter la moitié de l'épaisseur de la Voûte pour avoir 22 pieds 9 pouces, & CG (m) de 27 pieds: ainsi ayant fait les mêmes opérations avec les nombres que celles qui sont indiquées dans la dernière équation, j'ai trouvé que y , c'est-à-dire l'épaisseur des piés-droits, devoit être de 8 pieds 8. pouces.

* V. le C.
Art. 574.

La tangente LO donnant un bras de levier OP plus court que si la ligne de direction de la puissance étoit perpendiculaire sur le milieu du joint FL , comme est par exemple CX , j'ai augmenté la valeur de la ligne MP , de la moitié de l'épaisseur de la Voûte, afin que le bras de levier PO , se trouvant allongé de la ligne XO égal à CL , cette solution répondit à peu près aux autres précédentes.

Remarque premiere.

32. On voit que les Voûtes surbaissées ont plus de poussée que celles qui sont en plain ceintre; car comme l'angle OLV formé par la ligne de direction OL & la perpendiculaire LV , est plus grand que dans les profils précédents, il arrive que le bras de levier PO , se trouve alongé, ce qui doit augmenter la force de la puissance agissante: or comme plus le demi axe DH , sera petit eù égard à l'autre HB , plus le bras de levier PO augmentera, il s'ensuit que plus une Voûte est surbaissée & plus elle a de poussée.

PLANCH.
5.
Fig. 8.

Remarque seconde.

33. Il est bon d'observer aussi que les voussours qui composent une Voûte surbaissée devant avoir nécessairement plusieurs centres, cette Voûte n'est pas à beaucoup près si forte que celle en plein ceintre, parce que, dans cette dernière, l'effort de tous les voussours se réunissant à un seul point, ils se fortifient mutuellement, & sont capables de mieux soutenir l'action de quelque grand fardeau ou de quelque choc violent, comme seroit celui des bombes; ainsi quand il est question des souterrains qu'on veut mettre à

l'épreuve, il n'y a point de Voûte qui convienne mieux que celle en plein ceintre.

PROPOSITION SECONDE.

PROBLEME.

Trouver quelle épaisseur il faut donner aux piés-droits des Voûtes en tiers-points pour être en équilibre avec la poussée des mêmes Voûtes.

PLAN. 6.
FIG. I.

34. L'on fait que la Voûte en tiers-point ou Gothique, étant formée par deux arcs de cercle égaux, cette Voûte doit avoir nécessairement deux centres dont la position dépend de l'élevation qu'on veut lui donner: par exemple, si la ligne BI , détermine la largeur de la Voûte, les centres peuvent être aux points B & I , ou à quelque autres points G & H , également éloignés du milieu A : quand on prend les points B & I pour centre, la largeur BI , devient le rayon avec lequel on décrit les deux arcs, & alors la Voûte est aussi élevée qu'on a coutume de la faire quand il s'agit d'une Eglise ou de quelque bâtiment civil; mais, s'il est question d'un Magasin qu'on veut mettre à l'épreuve de la bombe, on se garde bien de lui donner tant d'élevation, parce qu'elle seroit trop faible. La manière la plus convenable est de diviser les lignes AI & AB , en deux parties égales aux points H & G pour avoir les centres servant à décrire les arcs BD & DI avec les rayons HB & GI ; ainsi supposant que la Voûte, sur laquelle nous allons opérer, ait été tracée de cette manière, on divisera l'arc BCD en deux également au point C , ensuite on tirera les rayons HF , HT , la corde BD , & les autres lignes comme à l'ordinaire.

Ayant nommé LK a ; KQ b ; LQ c ; BV d ; ZP f ; MP g ; ZB y ; ML sera $y + d$; cela posé, remarquez que les triangles LKQ & LMN étant semblables, l'on aura $KQ(b)$, $KL(a) :: LM(d + y)$ $MN\left(\frac{ad + ay}{b}\right)$, ainsi la ligne NP sera $\frac{bg - ad - ay}{b}$: & comme le triangle LKQ est aussi semblable à NOP , on aura encore $LQ(c)$, $KQ(b) :: NP\left(\frac{bg - ad - ay}{b}\right)$, $PO\left(\frac{bg - ad - ay}{c}\right)$.

Présentement, faites attention que dans le triangle rectangle LKQ le côté LK , peut exprimer la pesanteur absolue du voussoir LDT ,

LDT, puisque la ligne de direction tirée de son centre de gravité est coupée en angle droit par ce côté; de même la ligne de direction **OL** de la puissance **O**, étant perpendiculaire sur le côté **LQ**, il exprimera le fort du vouffoir sur le joint **FC**: ainsi nommant **nn**, la superficie de ce vouffoir, son effort sera encore $\frac{cnn}{a}$, qui étant multiplié par le bras de levier **PO**, l'on aura $\frac{bgnn}{a} - dnn - nny$, pour la poussée de la Voûte par raport au point d'appui **P**: d'un autre côté si l'on suppose que la ligne de direction tirée du centre de gravité du vouffoir **LFB** vient tomber au point **S**, afin de rendre le calcul plus simple, la résistance du pié-droit joint au vouffoir qui lui répond, sera exprimée comme ci-devant par $\frac{fyy}{2} + nny$, qui étant comparé avec la poussée de la Voûte l'on aura dans l'état d'équilibre $\frac{bgnn}{a} - dnn - nny = \frac{fyy}{2} + nny$, d'où on tirera comme à l'ordinaire

$$\frac{\sqrt{2bgnn}}{af} - \frac{2dnn}{f} + \frac{4n^2}{ff} - \frac{2nn}{f} = y.$$

APPLICATION.

Pour rapporter ce Problème à la pratique, nous suposerons que la ligne **BI** est de 24 pieds: cela étant **HB** ou **HD** sera de 18 pieds, & **AH** de 6, ainsi dans le triangle rectangle **ADH** dont on connoît deux côtés, il sera aisé de connoître l'angle **AHD**, qu'on trouvera de 70 degrés 30 minutes, dont la moitié sera pour l'angle **LHV** du triangle rectangle **LVH** duquell'on connoît le côté **LH**, car la Voûte aiant trois pieds d'épaisseur, ce côté sera de 19 pieds & demi; ainsi comme nous avons un triangle rectangle dans lequel on connoît deux angles & un côté, on trouvera par le calcul ordinaire que **LV** est de 11 pieds 3 pouces, & **VH** d'environ 16 pieds, d'où retranchant **AH** de six, il en restera 10 pour **VA**, ou **LK**: ainsi connoissant un des côtés du triangle rectangle **LKQ** avec l'angle aigu **LQK** (puisque'il est complement de l'angle **AHQ**) on trouvera que le côté **KQ** est à peu-près de 7 pieds, desorte que si l'on suppose que la hauteur du pié-droit est encore de 15 pieds, on aura la valeur de toutes les lettres excepté **n**; car **LA** (*a*) sera de 10 pieds, **KQ** (*b*) de 7, **BV** (*d*) de 2, **ZP** (*f*) de 15, à quoi ajoutant **LV** ou **MZ**, qu'on a trouvé de 11 pieds 3 pouces, on aura 16 pieds 3 pouces pour **MP** (*g*).

E 3

Com-

38 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

Comme il nous reste à trouver la valeur de mn , je cherche la superficie des cercles qui auroient pour rayon HB & HE ; c'est-à-dire 18 & 21 pieds, & après les avoir trouvés j'en prend la différence qui est de 368 pieds carrés qui est la valeur de la couronne; dont la superficie du vouffoir LDT fait partie. Or pour avoir cette partie, je dis, comme 360 degrés valeur de la circonférence du cercle est à 35 degrés 15 minutes, valeur de l'arc FT ; ainsi 368 pieds différence de deux cercles, est à la superficie $CFTD$, qu'on trouvera de 35 pieds 9 pouces 4 lignes, faisant les opérations indiquées dans l'équation $\frac{2bgmn}{af} - \frac{2dmn}{f} + \frac{4nn}{ff} - \frac{2nn}{f} = y$. On trouvera que la valeur de y , c'est-à-dire l'épaisseur des piés-droits, doit être de 5 pieds 3 pouces.

Quoique la perpendiculaire AX & le rayon HT se coupent au point D & forme l'angle TDX , qui comprend un petit espace qui rend le vouffoir supérieur LX plus grand que l'inférieur LEB , je n'ai pas laissé que de les considérer égaux, parce que la différence est trop peu de chose pour y avoir égard dans la pratique.

Remarque première.

35. On remarquera que les Voûtes en tiers-points ont beaucoup moins de poussée que celles qui sont en plein ceintre, parce que la ligne de direction OL de la puissance qui soutiendrait le vouffoir LTD , faisant un plus petit angle avec la verticale LV , que dans la Voûte en plein ceintre il faut nécessairement que le bras de levier PO , soit plus court que si la Voûte étoit moins élevée, tellement qu'on peut dire que plus le rayon HB de l'arc BD fera grand & moins il faudra donner d'épaisseur aux piés-droits.

Remarque seconde.

36. Si les Voûtes en tiers-points ou les furbaissées avoient leurs extradoses dirigées en pente, on trouvera toujours l'épaisseur de leurs piés-droits comme on a fait dans l'Article 13. puisque les opérations ne différeront en rien de celles qu'on vient de voir dans les deux propositions précédentes, il n'y aura seulement que la seule expression mn du vouffoir qui pourra valoir un plus grand nombre de pieds carrés.

De même, si on vouloit que les piés-droits de ces deux especes de Voûtes fussent accompagnés de contreforts, on suivra ce qui a été

a été enseigné dans l'Article 20, n'ayant pas jugé à propos de répéter ce qui a été dit à ce sujet, pour ne point ennuyer.

PROPOSITION TROISIÈME.

PROBLÈME.

Trouver l'épaisseur qu'il faut donner aux-piès-droits qui soutiendroient une Plate-Bande.

37. La première chose, dont il faut être prévenu, est que pour avoir la coupe des clavaux qui doivent composer une Plate-Bande, on trace un triangle équilatéral ALF sur la ligne LF qui exprime la largeur de la Plate-Bande, ensuite on divise cette largeur en autant de parties égales, qu'on voit à peu-près qu'elle doit contenir de clavaux, & du point A comme centre on tire des lignes qui passant par chaque point de division, lesquelles allant rencontrer GI , marquent la figure & la grandeur des clavaux: ainsi suposant que la platte-bande $DEFL$ ait été construite de la façon que je viens de dire, nous en prendrons la moitié $DCKL$, pour être considérée comme une seule pierre qui faisant l'effet d'un coin dont les faces feroient DA & CA , agit contre le point L , pour renverser le pié-droit MS ; c'est pourquoi il faut abaisser au point L la perpendiculaire LO sur DA , pour avoir la ligne de direction de la puissance qui soutiendrait l'effort de la demi platte-bande DK , & alors la perpendiculaire PO fera comme à l'ordinaire le bras de levier de cette puissance; pour en avoir l'expression nous nommerons LK a ; par conséquent LA sera $2a$, puisqu'à cause du triangle équilatéral LA est double de LK , d'un autre côté KA sera nommé b ; LM y ; MP f ; & la superficie $LDCK$ m ; cela posé, remarquez qu'à cause de l'angle droit OLA , les trois triangles AKL , LMN , NOP , sont semblables: ainsi $KA(b) KL(a) :: LM(y) MN(\frac{ay}{b})$ par conséquent NP sera $\frac{fb - ya}{b}$ d'où l'on tire $AL(2a) AK(b) :: PN(\frac{fb - ay}{b}). PO$
 $(\frac{fb - ay}{2a}).$

PLANCH.
6.
FIG. 2.

Si l'on fait attention que la pesanteur absoluë de la demi plate-bande $LDCK$, est à l'effort qu'elle fait contre le pié-droit comme LK est à LA , l'on verra que LA étant double de LK , l'effort que soutient la puissance O doit être exprimée par $2m$: c'est pourquoi
 mul-

40 LA SCIENCE DES INGENIERS,

multipliant cette quantité par le bras de levier PO , l'on aura (après la réduction) $\frac{bfn}{a} - nny$, pour l'expression de la poussée de la plate-bande par rapport au point d'appui P , qui étant comparé à la résistance des piés-droits, c'est-à-dire à $\frac{fyy}{2}$, l'on aura $\frac{bfn}{a} - nny = \frac{fyy}{2}$ dans l'état d'équilibre; ou bien $\frac{2bnn}{a} = yy + \frac{2nny}{f}$ après avoir multiplié par 2, & divisé par f : or si l'on change le second membre en un quarré parfait, & qu'on dégage ensuite l'inconnu, il viendra $\frac{\sqrt{2bnn}}{a} + \frac{n^2}{ff} - \frac{nn}{f} = y$.

APPLICATION.

Suposant que la hauteur LS (f) des piés-droits soit de 15 pieds, que la largeur LF de la Voûte soit de 24, & son épaisseur CK de 3, on verra que LK (a) est de 12 pieds, KA (b) de 20 pieds 9 pouces 4 lignes, & la superficie $LDCK$ (nn) de 38 pieds 3 pouces quarrés: ainsi, faisant les opérations qui sont indiquées dans la dernière équation, elles donneront 9 pieds 2 pouces pour la valeur de y , c'est-à-dire pour l'épaisseur des piés-droits.

Remarque.

38. La plate-bande est de toutes les Voûtes celle qui a le plus de poussée, & qui a le moins de force; c'est pourquoi elle n'est pas d'usage pour les Fortifications, ne s'employant guère que dans les grands édifices, & avec des dépenses considérables, à cause des barres de fer dont on se sert pour soulager les piés-droits, & pour lier les clavaux ensemble.

S'il s'agissoit de quelque Porte-Cochere, il faut pour empêcher que la plate-bande ne porte tout le poids du mur qui seroit élevé dessus, faire un arc de décharge qui soit appuyé sur les piés-droits.

PRO-

PROPOSITION QUATRIEME.

PROBLEME.

La pesanteur de la clef d'une Voûte en plain ceintre étant déterminée, on demande de combien il faut augmenter celle de chaque Vouffoir pour qu'ils soutiennent tous d'eux-mêmes en équilibre.

39. Nous avons fait voir dans l'article 1. que tous les vouffoirs qui composent une Voûte avoient plus ou moins de poussée selon qu'ils étoient plus près ou plus éloignés de la clef, & que cette poussée allant toujours en diminuant à mesure que les plans sur lesquels ces vouffoirs agissoient, étoient moins inclinés à l'horison, les vouffoirs superieurs ne manqueroient pas d'écarter ceux qui sont immédiatement au-dessous, s'ils n'étoient entretenus par du mortier: cependant comme ce seroit un avantage pour la solidité des édifices que tous les vouffoirs qui composent une Voûte ne fissent pas plus d'effort les uns que les autres, jusqu'à pouvoir se soutenir d'eux-mêmes par leur propre poids, sans le secours d'aucune matiere étrangere, Mr. de la Hire a cherché de combien il falloit augmenter leur pesanteur au-dessus de celle de la clef, pour gagner par leurs propres poids la force qu'ils avoient de moins par leur situation; & comme ce Problème est assés curieux, j'ai crû qu'on seroit bien aise que je le rapportasse ici.

FIG. 3.
& 4.

Ayant une Voûte en plain ceintre ABC , composée de plusieurs vouffoirs égaux, si par le sommet B de la clef, on tire la ligne BO perpendiculaire au rayon GB , qu'on prolonge jusqu'à la rencontre de BO , tous les rayons qui répondent aux lits des vouffoirs P, Q, R, S , &c. Je dis que tous ces vouffoirs seront en équilibre, si leur pesanteur absolue est exprimée par les lignes HK, KL, LM, MN , &c.

Pour le prouver, remarquez que les trois puissances, qui appartiennent au vouffoir P , sont exprimées par les côtés du triangle GHK , que celles qui appartiennent au vouffoir Q , le sont par ceux du triangle GKL ; ainsi des autres vouffoirs R & S , dont les puissances seront toujours représentées par les côtés des triangles où ils sont renfermés, puisque les directions de ces puissances seront perpendiculaires aux côtés des triangles ou à leurs parties prolongées: or si la pesanteur du vouffoir P est exprimée par la ligne HK , & celle du vouffoir Q par la ligne KL , il est certain qu'ils seront en équilibre, puisque la ligne KG qui est un côté commun aux triangles

PLANCH.
6.
FIG. 3.

F

gles

gles qui appartiennent aux voussoirs P & Q , exprime en même tems la force avec laquelle le voussoir P pousse le voussoir Q , & celle avec laquelle le premier est repoussé par le second; de même si la pesanteur du voussoir R est exprimée par LM , il sera aussi en équilibre avec le voussoir Q , le supérieur poussant l'inférieur avec la même force dont il est repoussé, puisque cette force est exprimée de part & d'autre par la ligne GL qui est aussi un côté commun aux triangles qui appartiennent aux voussoirs Q & R . Enfin si la pesanteur du voussoir S est exprimée par MN , l'on verra par un semblable raisonnement qu'il sera en équilibre avec le voussoir P , puisque ces deux voussoirs agiront l'un sur l'autre avec la même force GM : à l'égard du voussoir T qui répond au pied-droit, sa pesanteur ne peut pas être déterminée, les lignes BO & GC étant parallèles ne se rencontreront jamais, ce qui montre que ce voussoir doit être d'une pesanteur infinie pour résister à l'effort de tous les autres dans le cas où il pourroit glisser sur un plan infiniment poli; mais comme dans la pratique il n'est pas question de ces sortes de plans & qu'au contraire il se rencontre toujours beaucoup de frottement, il suffit de donner à ce voussoir le plus de pesanteur qu'il est possible.

L'on remarquera que les différentes pesanteurs des voussoirs peuvent être exprimées par la différence des tangentes des angles que font les joints en commençant au milieu de la clef, puisque les lignes KL , LM , MN , qui expriment la pesanteur des voussoirs P , Q , R , S , marquent la différence des tangentes des angles BGK , BGL , BGM , & BGN . Or comme on a la valeur de tous ces angles, par la division qu'on a faite du demi-cercle, il s'ensuit qu'ayant leur tangentes dans les Tables des Sinus, si l'on en prend les différences, l'on aura des nombres qui exprimeront les rapports de la pesanteur des voussoirs; ainsi connoissant la pesanteur de la clef, on pourra (par la règle de proportion) connoître celle de chaque voussoir, afin de voir combien il faudra les faire plus longs les uns que les autres; c'est-à-dire, combien il faudra leur donner plus de queue pour qu'ils fassent à peu-près le même effort. Je dis à peu-près; car comme on employe ordinairement du mortier pour les entretenir, il n'est pas nécessaire d'observer une proportion bien exacte dans le rapport de leur pesanteur, il suffit seulement d'y avoir égard quand on veut faire des édifices solides.

PRO-

PROPOSITION CINQUIEME.

PROBLEME.

Trouver quelle est la courbe qu'il conviendrait de donner à une Voûte, pour que tous les voussôirs, étant égaux en pesanteur, soient en équilibre.

40. Si l'on tire sur un plan vertical une ligne AB parallèle à l'horison, & qu'à deux points C & D , pris dans cette ligne, l'on attache les extrémités d'une chaîne composée de petits couplets & qu'on leur laisse la liberté de prendre la situation qui leur convient, je dis qu'ils composeront tous ensemble une courbe CFD , dont la figure représente celle qu'il faudroit donner à une Voûte, pour que tous les voussôirs soient en équilibre quoiqu'égaux en pesanteur. Fig. 7.

Si l'on divise la ligne CD en deux parties égales au point E , & qu'on abaisse la perpendiculaire EF , il est constant qu'elle ira rencontrer le point F qui sera le plus bas de la courbe; car, à cause de la flexibilité de la chaîne & l'uniformité qu'on suppose dans les couplets, la partie CF sera égale à la partie DF , elles auront toutes deux la même figure, & tous les points pris dans la longueur CF & DF , à une égale distance des extrémités C & D , se trouveront également situés par rapport à la perpendiculaire EF , par conséquent cette chaîne forme une courbe régulière, qui a pour axe EF . Or tous les couplets qui composent cette chaîne étant supposés égaux en grandeur & en pesanteur, se maintiendront en équilibre entr'eux, & rendront chacun en particulier au centre de la terre par des lignes de directions, qui étant tirées de leur centre de gravité peuvent être regardées comme perpendiculaires à l'horison: & si l'on attribue à chacun de ces couplets une pesanteur égale, mais incomparablement au-dessus de celle qu'ils ont naturellement, ils se soutiendront toujours dans le même état où ils étoient auparavant, n'y ayant point de raison pour que l'un détourne l'autre de la direction vers laquelle sa pesanteur le faisoit tendre; mais si l'on faisoit en sorte que les couplets se trouvassent tellement unis les uns aux autres qu'ils ne composassent qu'un seul corps incapable d'aucune flexibilité, il ne leur arriveroit rien de particulier, sinon d'être obligé de garder la situation où ils étoient les uns par rapport aux autres, de quelque sens qu'on veuille mettre la chaîne, & tant qu'elle sera attachée aux

F 2

points

44 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

points C & D , il lui sera indifférent que tous les couplets soient unis ou non, qu'on augmente leur pesanteur, ou qu'on la laisse comme elle étoit en premier lieu: on pourroit même suspendre des poids égaux au bas de chacun, sans que cela causât aucun changement à la courbe CFD .

FIG. 8.

Prevenu de cela, on sçait qu'on ne dérange rien dans l'équilibre des puissances en changeant seulement leur direction en sens contraire: ainsi dans la supposition que tous les couplets sont unis à ne pouvoir se déranger de la figure curviligne qu'ils composent tous ensemble, si l'on fait tourner la chaîne CFD sur la ligne CD comme sur un axe pour prendre la situation opposée, mais toujours verticale CFD , tous les couplets, gardant entr'eux la même situation qu'ils avoient auparavant, tendront au centre de la terre selon les mêmes lignes de direction; & soit qu'on augmente leur pesanteur ou non, pourvu que cette augmentation soit la même, ils se maintiendront toujours en équilibre, & ils ne feront pas plus d'effort pour tomber que s'ils n'étoient point entretenus par quelque cause qui les empêche de se déranger.

FIG. 5.

Supposant présentement que la courbe CFD représente l'intrados d'une Voûte ABC , qui soit par-tout d'une égale épaisseur, & qu'à la place des couplets on imagine des Vouffoirs fort petits qui aient la même pesanteur & dont les lignes de directions tirées de leur centre de gravité feront les mêmes que celles des couplets, ces vouffoirs demeureront en équilibre ainfi que l'étoient ces couplets, desorte que s'ils sont bien unis les uns contre les autres par un ciment qui les réduise tous à ne faire qu'un seul corps, ils composeront ensemble la Voûte ABC , dont toutes les parties seront en équilibre.

Si l'on vouloit faire usage de cette courbe, je crois qu'on feroit obligé de rapprocher ses deux entrêmités G & H , afin qu'elles soient disposées comme EA & FC , & non pas comme EG & FH , qui ne conviendrait pas dans l'exécution, à cause que la naissance de la Voûte feroit un *Jarret* avec le pié-droit, ce qui choqueroit la vûe, il est bon de profiter de ce que la théorie peut enseigner; mais quand il s'agit de la pratique, on peut sans scrupule ne le pas suivre exactement pour rapporter les choses à l'usage. On trouvera dans le second tome de l'Analise du R. P. Reyneau l'équation de la chaînette & la manière de la tracer, c'est pourquoi je n'en parle point ici.

AP:

A P P L I C A T I O N.

Si l'on vouloit construire une Voûte naturelle dont la largeur & la hauteur fussent données, il faut sur une surface verticale tracer une ligne CD égale à la largeur de la Voûte, abaisser du milieu de cette ligne une perpendiculaire EF , égale à la hauteur qu'on veut lui donner, ensuite attacher l'extrémité d'une chaîne au point C , & porter l'autre extrémité vers D , de manière qu'en augmentant ou diminuant la chaîne son propre poids la fasse passer par le point F , lorsqu'elle sera arrêtée aux endroits C & D ; après cela on pourra avec un crayon que l'on conduira tout du long de la chaîne (sans pourtant la faire vaciller) tracer une courbe, & là-dessus on pourra établir la figure du faux ceintre de la Voûte, la coupe des voussours, & le reste.

FIG. 7.

Je crois que ceux qui sont dans l'usage de faire construire des Voûtes, sans y prendre garde de si près, ne feront pas grand cas des deux propositions précédentes, aussi ne les ai-je rapportées que pour les curieux qui voyent toujours avec plaisir ce qui peut avoir rapport à leur métier; ce n'est pas qu'on n'en puisse faire usage, puisque la première nous apprend que pour rendre des Voûtes solides, il est bon d'en fortifier les reins le plus qu'il sera possible, & particulièrement vers les piés-droits, afin de donner, pour ainsi dire, un contre-poids à la poussée des voussours supérieurs.

P R O P O S I T I O N S I X I E' M E.

P R O B L E' M E.

Trouver l'épaisseur qu'il faut donner aux Culées des Ponts de Maçonnerie.

41. La manière de régler l'épaisseur des Culées des Ponts est un Problème qui appartient à ce Livre-ci; car les Ponts sont composés d'Arches, & les Arches ne sont autre chose que des Voûtes: aussi la solution dépend-elle des règles que nous venons d'enseigner, ou pour mieux dire elle n'en est qu'une répétition accompagnée de quelque circonstance particulière aux Ponts de Maçonnerie.

On suppose qu'il est question d'un Pont composé d'une seule Arche en plain ceintre comme dans la figure 6. dont l'épaisseur GD est

F 3

déter-

déterminée de même que le diamètre BI & la hauteur BS depuis la dernière retraite des fondemens jusqu'à la naissance de l'Arche, & qu'il s'agit de sçavoir l'épaisseur PS ou MQ , qu'il faut donner à la Culée MS pour qu'elle soit en équilibre avec la poussée qu'elle doit soutenir. Cela posé, on saura que les Culées d'un Pont peuvent être construites de deux manières: la première est de faire un corps de Maçonnerie comme SZ dans la 9. figure, dont la hauteur ZP ou BS ne surpasse point la naissance de l'Arche: la seconde est d'élever la Culée jusques vers le milieu des reins de l'Arche, afin de les rendre capables de mieux soutenir l'effort de la partie supérieure, comme dans la figure 6. à laquelle nous nous attacherons uniquement comme la plus conforme à l'usage.

FIG. 6.
& 9.

Ayant divisé le quart de cercle BD en deux également au point C , on tirera le rayon AF : on divisera aussi la ligne FC en deux également au point L par lequel on mena MK parallèle au diamètre BI qui déterminera la hauteur de la Culée; on prolongera la ligne SB jusqu'au point Q de la circonférence, & on tirera le rayon AQ , & les autres lignes LO , LV , & OP , comme à l'ordinaire.

Pour réduire en équation la poussée de l'Arche & la résistance des Culées, nous nommerons LK ou KA , a ; BV , c ; MP , d ; ST , g ; PS , y ; la superficie $CFGD$, m ; & la partie $BQFC$, bb : ainsi MN ou ML sera $c + y$; & NP sera $d - c - y$; & si l'on suppose $d - c = f$, NP sera $f - y$.

L'on fait par l'Article 14. que multipliant la superficie $CFGD$ (m) par l'hypoténuse NP ($f - y$) du triangle rectangle NOP , lorsqu'il s'agit d'une Voûte ou d'une Arche en plein centre, que le produit donne une expression égale à la puissance qui soutiendrait la poussée de la partie $CFGD$, ainsi cette poussée sera $m f - m y$, qu'il faut mettre en équilibre avec la résistance du pied-droit $PMQS$, joint à la partie $BQFS$; c'est-à-dire avec dy & bb , multipliés par le bras de levier $PT(\frac{y}{2})$ & $PT(y + g)$ dont les extrémités T & T' répondent aux lignes de directions tirées de leur centre de gravité; c'est-à-dire, avec $\frac{dyy}{2}$ & $bby + bhg$, qui donnent cette équation

$$m f - m y = \frac{dyy}{2} + bby + bhg, \text{ d'où faisant passer dans le même membre les termes où se trouvent l'inconnu, \& dans l'autre ceux où l'inconnu ne se trouve point, l'on aura après avoir divisé par } d,$$

$$\frac{f m + g b b}{d} = \frac{y y}{2} + \frac{m y + b b y}{d}, \text{ \& si l'on suppose } \frac{m + b b}{d} = p, \text{ \& qu'on}$$

qu'on mette p à la place de la valeur multipliant toute l'équation par 2, on pourra du second membre en faire un quarré parfait en ajoutant pp de part & d'autre afin d'avoir $\frac{2fnn + 2gbh}{d} + pp = yy + 2py + pp$, dont extrayant la racine & dégageant l'inconnu, l'on aura enfin $\sqrt{2fnn + 2gbh + pp} - p = y$, qui donne ce que l'on cherche.

APPLICATION.

Pour avoir la valeur de l'inconnu, nous suposerons le diamètre BI de 72 pieds, l'épaisseur DG de 6, & la hauteur BS de 12, ainsi la ligne AL sera de 15, & l'on trouvera que BV (c) est de 8 pieds 5 pouces, & LV de 27 pieds 7 pouces, par conséquent MP (d) sera de 29 pieds 7 pouces: & comme nous avons supposé $d - c = f$, f sera donc de 31 pieds 2 pouces; on trouvera aussi que la partie $CFGD$ (m) est de 184 pieds quarrés.

Comme nous avons aussi besoin de la figure $BQFC$, remarquez que la ligne BQ est moyenne proportionnelle entre les parties EB & BH , du diamètre EH ; ainsi multipliant leur valeur, c'est-à-dire, 6 pieds par 78, on trouvera en extrayant la racine quarrée du produit 21 pieds 6 pouces 6 lignes, pour la perpendiculaire BQ , par le moyen de laquelle on aura la superficie du triangle ABQ , qui est de 389 pieds 3 pouces; or cherchant aussi la valeur du secteur EAQ qui est de 477 pieds 3 pouces, on en retranchera celle du triangle ABQ , la difference sera 88 pieds, pour le segment EBQ , qui étant aussi retranché de 184 pieds, valeur de $EFCB$, la difference sera 96 pieds pour la partie $BQFC$, par conséquent la valeur de hh . D'un autre côté le centre de gravité de cette partie étant au point X , l'on verra que la perpendiculaire XT , vient tomber environ à 2 pieds 9 pouces du point S , enfin comme nous avons supposé $\frac{mm + hh}{d} = p$, l'on trouvera que p vaut à peu-près 7 pieds 1 pouce, ainsi

comme toutes les lettres du premier membre de l'équation $\frac{\sqrt{2fnn + 2gbh}}{d} + pp - p = y$, viennent d'être déterminées en nombre, si l'on fait les mêmes opérations qui s'y trouvent indiquées, l'on trouvera que y , ou si l'on veut l'épaisseur PS de la Culée, doit être de 11 pieds pour soutenir en équilibre la poussée de la partie de l'Arche qui lui répond.

Re-

Remarque premiere.

42. On pourra se dispenser dans la pratique d'avoir égard à la partie BQF , qui rend ce Problème assés composé, & n'avoir attention qu'au vouffoir $CFGD$ & à la Culée MS , alors l'équation sera beaucoup plus simple, puisque, dans l'état d'équilibre, on aura fin

— $ny = \frac{dyy}{2}$, qui étant réduit donne après avoir dégagé l'inconnu

$$\frac{\sqrt{2fnn}}{d} + \frac{n^2}{dd} - \frac{nn}{d} = y, \text{ dont le calcul numerique n'est pas long,}$$

puisque, pour avoir la valeur de toutes les lettres, on n'aura seulement qu'à chercher celle des lignes LV , VB , & la superficie de la partie $CFGD$; il est vrai que l'épaisseur de la Culée fera un peu plus forte qu'elle ne devoit être pour un parfait équilibre, puisqu'ayant calculé cette dernière équation, j'ai trouvé qu'elle donnoit 13 pieds 2 pouces 8 lignes, au lieu de 11 pieds, pour la valeur de y ; mais comme ce n'est pas l'équilibre que l'on cherche, puisqu'il faut toujours mettre la puissance résistante au-dessus de l'agissante, il vaut beaucoup mieux, comme je l'ai déjà dit, faire abstraction de la partie $BQFC$, pour trouver plus facilement l'épaisseur que l'on demande & être plus assuré de la solidité de l'ouvrage.

Remarque seconde.

43. En cherchant l'épaisseur qu'il falloit donner aux Culées, nous n'avons point eu égard au poids dont l'Arche pouvoit être chargée au-delà du sien propre, de la part des matériaux qui doivent composer la Chaussée & des Voitures qui passeront dessus, parce que je laisse à la discretion de ceux qui sont chargés de l'exécution de ces sortes d'ouvrages, d'en augmenter l'épaisseur autant qu'ils le jugeront à propos: je crois que si on l'augmentoient d'un sixième de ce que donne le calcul, que c'est la plus grande augmentation qu'on puisse faire; c'est-à-dire, qu'au lieu de 13 pieds 2 pouces 8 lignes, il faudroit lui donner environ 15 pieds & demi.

Remarque troisième.

44. Nous avons supposé un Pont d'une seule Arche, parce que quand il y en auroit davantage, ce ne seroit jamais que la poussée de la première & de la dernière que l'on considéreroit pour leur opposer

oposer des Culées, puisque les autres qui sont comprises entre celles-ci se soutiennent mutuellement en équilibre sur les piles qui les portent, à moins que ces Arches ne soient beaucoup plus grandes que celles des extrémités du Pont ; car alors il pourroit arriver que la poussée des petites Arches seroit augmentée par celle des autres plus grande.

Remarque quatrième.

45. Quand on fait des Arches d'une grandeur extraordinaire, & qu'on est obligé de donner une épaisseur considérable aux Culées, on peut, pour diminuer une trop grande quantité de Maçonnerie, donner beaucoup de talud aux extrémités de la Culée, comme un tiers ou un quart de la hauteur, ou y faire des contreforts comme on l'a enseigné dans les Articles 17. & 20.

Remarque cinquième.

46. Si au lieu d'une Arche en plain ceintre on en avoit une furbaissée, on trouvera l'épaisseur qu'il faut donner aux Culées en suivant ce qui a été enseigné dans les Articles 30. & 31. puisque si l'on en excepte quelque particularité qu'il y a ici, & qui ne se trouve pas dans les Voûtes, tout le reste est la même chose.

PROPOSITION SEPTIEME.

PROBLEME.

Trouver quelle est la portée des Voussoirs, depuis leur intrados, jusqu'à leur extrados, & quelle doit être la largeur des piles pour toute sorte de grandeur d'Arche.

47. Dans tous les Edifices où il est question de Voûte, il doit regner une certaine proportion dans les dimensions de leur parties, d'où dépend toute la solidité ; par exemple, nous venons de voir au sujet des Ponts, qu'il falloit qu'il y eût un raport d'égalité entre la résistance des Culées & la poussée des Arches ; mais comme ces Arches peuvent être de différente grandeur, il faut absolument que leur épaisseur soit proportionnée à leur ouverture, afin que celle qui auroit 12 ou 15 toises résiste aussi-bien au poids des matériaux & des voitures dont elle pourra être chargée, qu'une autre qui n'auroit que 12 ou 15

G

pieds ;

pieds ; mais la solution de ce Problème dépend plutôt de l'intelligence de ceux qui font travailler, que de la Géometrie : c'est pourquoi il semble que le meilleur parti est de s'en rapporter à l'expérience ; c'est-à-dire d'examiner avec attention les anciens monumens de cette espece, afin qu'ayant reconnu la qualité des pierres qu'on y a employé, la longueur des voussours à plusieurs grandeurs d'Arches différentes, on soit en état de calculer une table qui puisse servir dans tous les cas qu'on peut rencontrer. C'est ce que Mr. Gautier a fait : nul n'étoit plus capable que lui de remplir un pareil dessein ; il a vu & fait la description des plus beaux Ponts qui ont été bâtis en France, tant par les anciens que par les modernes : ainsi, il me suffira de rapporter la Table qu'il a calculée pour la portée des voussours ; on verra qu'il a eû égard aux pierres dures & à celles qui ne le feroient pas, afin qu'on ait recours à la colonne dont la pierre auroit quelque rapport avec celle qu'on veut employer. Ceux, qui n'ont pas une grande connoissance des travaux, seront peut-être surpris de voir dans la colonne où l'on suppose la pierre tendre des voussours de 8 & même de 9 pieds de longueur, par la difficulté qu'il y auroit d'avoir des pierres d'un si grand appareil ; aussi ne prétend-on pas que ces voussours soient absolument composés d'une seule pierre, puisque quand on n'en a pas d'assés grandes on les allonge pour faire ce qu'on appelle des *voussours sans fin*. C'est ainsi qu'on en a usé pour construire le Pont Royal des Thuilleries à Paris.

La largeur, que l'on doit donner aux Piles des Ponts par rapport à l'ouverture des Arches, est encore une difficulté sur laquelle les Architectes ne s'accordent point, & que la Geometrie paroît ne pouvoir entreprendre, puisqu'elle dépend absolument de la consistance de la pierre : car comme il s'agit de rendre les Piles assés fortes pour soutenir le poids des Arches, & tout ce qu'elles peuvent porter, il n'y a pas de doute que la pile qui n'auroit qu'une mediocre largeur, & qui seroit construite de bonne & grande Pierre de Taille, ne soutienne plutôt une Arche de 15 toises d'ouverture, qu'une autre Pile qui auroit deux fois plus de largeur, mais qui n'auroit que le parement de Pierre dure, & le dedans rempli de mauvais moëlon, n'en soutiendrait une de huit toises. Cependant, il est de conséquence de se servir de bonne Pierre, pour n'être pas contraint de donner une trop grande largeur aux Piles, parce que si le lit de la Rivière sur laquelle on veut faire un Pont est resserré, il est à craindre que le courant de l'eau, se trouvant gêné, ne renverse le Pont dans le tems des grandes inondations, comme cela arrive assés souvent. Un autre inconvenient encore des Piles trop larges, c'est que leurs avant-becs pre-

presentent de grandes faces qui donnent beaucoup de prises aux glaces quand la Riviere charie ; & les chocs violens qui surviennent alors peuvent mettre le Pont en danger, comme cela est arrivé au Pont Marie à Paris. Mais pour suivre une regle qui détermine la largeur des Piles, je crois que celle qui convient mieux est de leur donner la cinquième partie de la largeur des Arches ; c'est-à-dire, par exemple, que si l'on a un Pont composé de cinq Arches, & que celle du milieu ait 60 pieds d'ouverture, les Piles qui la soutiendront doivent en avoir 12 de largeur ; que si les Arches collaterales ont chacune à droit & à gauche 50 pieds d'ouverture, les Piles qui leur répondront en auront 10. Il ne faut pourtant pas suivre si constamment cette proportion, qu'on ne s'en écarte quand il se rencontrera quelque circonstance qui pourroit obliger de donner aux Piles plus ou moins de largeur, selon que la bonne ou mauvaise qualité des matériaux l'exigeroit.

Je crois qu'il est à propos de dire que les Arches des Ponts doivent toujours être en nombre impair, afin qu'il s'en trouve une grande au milieu qui laisse un passage libre au courant de l'eau, & que cette Arche étant plus élevée facilite le passage des Bateaux chargés.

Voilà ce que je m'étois proposé de dire ici sur les Ponts, pour faire mention seulement de quelques régles generales qui avoient raport aux Voûtes ; car, comme leur construction demande des connoissances bien au-delà de celles qu'il faut pour les Edifices ordinaires, nous reprendrons ce sujet dans l'Architecture Ydrolique afin de satisfaire ceux qui ont un intérêt particulier de s'en instruire.

Voici la Table dont je viens de parler, où l'on observera que la premiere & la quatrième colonne comprennent l'ouverture des Arches, qui vont toujours en augmentant selon la suite des nombres naturels.



T A B L E

*POUR CONNOISTRE LA PORTEE DES VOUSOIRS
depuis leur intrados à leur extrados pour toute sorte de grandeur
d'Arche.*

Ou- vertu- re des Arches.	Voussoirs de Pierres dures.			Voussoirs de Pierres tendres.			Ou- vertu- re des Arches.	Voussoirs de Pierres dures.			Voussoirs de Pierres tendres.		
pieds.	pieds.	pou.	lig.	pieds.	pou.	lig.	pieds.	pieds.	pou.	lig.	pieds.	pou.	lig.
1	1	0	6	1	6	0	28	2	2	0	2	11	6
2	1	1	0	1	7	2	29	2	2	6	2	11	9
3	1	1	6	1	8	4	30	2	3	0	3	0	0
4	1	2	0	1	9	6	31	2	3	6	3	0	10
5	1	2	6	1	10	8	32	2	4	0	3	1	8
6	1	3	0	2	0	0	33	2	4	6	3	2	6
7	1	3	6	2	0	8	34	2	5	0	3	3	0
8	1	4	0	2	1	6	35	2	5	6	3	3	10
9	1	4	6	2	2	3	36	2	6	0	3	4	0
10	1	5	0	2	3	0	37	2	6	6	3	4	6
11	1	5	6	2	4	0	38	2	7	0	3	5	0
12	1	6	0	2	4	6	39	2	7	6	3	5	6
13	1	6	6	2	5	0	40	2	8	0	3	8	0
14	1	7	0	2	6	0	41	2	8	10	3	8	10
15	1	7	6	2	6	9	42	2	9	8	3	9	8
16	1	8	0	2	7	0	43	2	10	6	3	10	6
17	1	8	6	2	8	0	44	2	11	4	3	11	4
18	1	9	0	2	9	0	45	3	0	0	4	0	0
19	1	9	6	2	9	3	46	3	0	10	4	0	10
20	1	10	0	2	9	6	47	3	1	8	4	1	8
21	1	10	6	2	9	9	48	3	2	6	4	2	6
22	1	11	0	2	10	0	49	3	3	4	4	3	0
23	1	11	6	2	10	3	50	3	4	0	4	3	10
24	2	0	0	2	10	6	51	3	4	10	4	4	8
25	2	0	6	2	10	9	52	3	5	8	4	5	6
26	2	1	0	2	11	0	53	3	6	6	4	6	4
27	2	1	6	2	11	3	54	3	7	4	4	7	2

LIVRE II. DE LA MÉCANIQUE DES VOUTES.
S U I T E D E L A T A B L E.

53

Ou- ver- ture des Arches.	Vouffoirs de Pierres dures.			Vouffoirs de Pierres tendres.			Ou- ver- ture des Arches.	Vouffoirs de Pierres dures.			Vouffoirs de Pierres tendres.		
pieds.	pieds.	pou.	lig.	pieds.	pou.	lig.	pieds.	pieds.	pou.	lig.	pieds.	pou.	lig.
55	3	8	0	4	8	0	88	5	10	6	6	10	3
56	3	8	10	4	8	10	89	5	11	4	6	11	2
57	3	9	8	4	9	7	90	6	0	0	7	0	0
58	3	10	6	4	10	3	91	6	0	10	7	0	10
59	3	11	4	4	11	2	92	6	1	8	7	1	8
60	4	0	0	5	0	0	93	6	2	6	7	2	6
61	4	0	10	5	0	10	94	6	3	4	7	3	0
62	4	1	8	5	1	8	95	6	4	0	7	3	10
63	4	2	6	5	2	6	96	6	4	10	7	4	8
64	4	3	4	5	3	0	97	6	5	8	7	5	6
65	4	4	0	5	3	10	98	6	6	6	7	6	4
66	4	4	10	5	4	8	99	6	7	4	7	7	2
67	4	5	8	5	5	6	100	6	8	0	7	8	0
68	4	6	6	5	6	4	101	6	8	10	7	8	10
69	4	7	0	5	7	2	102	6	9	8	7	9	7
70	4	7	6	5	8	0	103	6	10	6	7	10	3
71	4	8	10	5	8	10	104	6	11	4	7	11	2
72	4	9	8	5	9	7	105	7	0	0	8	0	0
73	4	10	6	5	10	3	106	7	0	10	8	0	10
74	4	11	4	5	11	2	107	7	1	8	8	1	8
75	5	0	0	6	0	0	108	7	2	6	8	2	6
76	5	0	10	6	0	10	109	7	3	4	8	3	0
77	5	1	8	6	1	8	110	7	4	0	8	3	10
78	5	2	6	6	2	6	111	7	4	10	8	4	8
79	5	3	4	6	3	0	112	7	5	8	8	5	6
80	5	4	0	6	3	10	113	7	6	6	8	6	4
81	5	4	10	6	4	8	114	7	7	4	8	7	2
82	5	5	8	6	5	6	115	7	8	0	8	8	0
83	5	6	6	6	6	4	116	7	8	10	8	8	10
84	5	7	4	6	7	2	117	7	9	8	8	9	7
85	5	8	0	6	8	0	118	7	10	6	8	10	3
86	5	8	10	6	8	10	119	7	11	4	8	11	2
87	5	9	8	6	9	7	120	8	0	0	9	0	0

G 3

CHA-

CHAPITRE QUATRIÈME.

Qui comprend des Regles pour trouver l'épaisseur des pié-droits des Voûtes de toute sorte d'espece, par le seul calcul des nombres, pour l'intelligence de ceux qui ne savent pas l'Algebre.

48. JE me suis engagé, au commencement de ce second Livre, de donner des Régles pour trouver l'épaisseur des pié-droits des Voûtes, afin de se passer du calcul Algebrique & contribuer à la satisfaction des personnes, qui, quoique très-habiles d'ailleurs dans l'Architecture Militaire ou Civile, ne s'y sont point appliquées. Quand on écrit pour le public, & qu'il s'agit d'un Ouvrage comme celui-ci, il faut autant qu'il est possible faire en sorte d'être entendu de tout le monde, principalement de ceux qui se contentent de savoir la pratique des choses, & qui veulent bien s'en rapporter à la bonne foy d'un Auteur; soumission qu'il faut avoir nécessairement, quand on ne peut en juger par soi-même: car, comme il est une infinité de sujets qu'on ne peut comprendre sans des connoissances préliminaires, il ne dépend pas toujours de lui de se rendre intelligible à ceux qui ignorent le langage dont il est obligé de se servir; ce qui fait, qu'avec les expressions les plus claires, il n'en paroît pas moins obscur. Mais j'espère qu'il viendra un tems où les Geomètres, les Phisiciens, les Ingenieurs, & les Architectes penseront à peu-près de même. Il y a 80 ans, qu'on favoit à peine ce que c'étoit que l'Algebre: aujourd'hui, il y a peu de personnes qui se mêlent de science, qui n'en sachent assez pour s'en servir utilement; & je ne doute point qu'à l'avenir on ne l'apprenne aussi communément que l'Arithmetique.

Pour remplir parfaitement le dessein que je me suis proposé dans ce Chapitre, je n'y supposerai rien de ce qui a été dit dans les précédens. Je ferai comme si je commençois seulement à parler des Voûtes, ce qui m'obligera à des répétitions indispensables. Mais comme je ne parle pas à ceux qui pourront se passer de ce que je vais dire, ils auroient mauvaise grace de s'en plaindre, d'autant plus qu'ils ne seront peut-être pas fâchés de faire usage des pratiques dont il va être question, pour se dispenser d'un calcul plus composé; car il est à propos que l'on sache que les opérations, que l'on

l'on va faire; m'ont été fournies par les formules Algebriques, que l'on a vûs à la fin de chaque Proposition du 2 & 3 Chapitre, & que je n'aurois pû imaginer sans leur secours: cependant, les calculs en sont plus courts que ceux que l'on a vûs dans les Applications des mêmes Chapitres, parce que j'en ai supprimé quelque circonstance dont on pouvoit se passer; & en cela je me suis un peu relâché de cette grande précision que l'on exige en matiere de Géométrie, mais toujours en faveur de la pratique, c'est-à-dire, en faveur de la solidité de l'édifice que l'on voudroit construire, puisque les épaisseurs des piés-droits que nous allons trouver auront deux ou trois pouces de plus que n'auroient donné les règles les plus exactes.

PROPOSITION PREMIERE.

PROBLEME.

Trouver l'épaisseur des piés-droits d'une Voûte en plainceintre, pour être en équilibre avec la poussée qu'ils ont à soutenir.

49. Quand on veut connoître l'épaisseur qu'il faut donner aux piés-droits d'une Voûte de telle figure qu'elle puisse être, soit en plain Ceintre, Elliptique, en tiers-point, &c. il faut d'abord être prévenu de quatre choses essentielles; la premiere, la largeur & la hauteur de la Voûte dans oeuvre; la seconde, l'épaisseur de cette Voûte à l'endroit des reins; la troisiéme, la figure extérieure; & la quatrième, la hauteur des piés-droits: ensuite il suffit de savoir un peu de Géométrie pratique, & la racine quarrée, pour trouver le reste comme on le va voir dans les exemples suivans.

Premier Exemple.

50. On propose une Voûte en plain ceintre, dont l'extrados seroit circulaire comme dans la figure 7. qu'il faut considerer sans se mettre en peine de la signification des lignes dont nous ne ferons pas mention; on suppose que la hauteur BS des piés-droits est de 15 pieds, le rayon AB de 12, & l'épaisseur de la Voûte de 3 pieds, par conséquent le rayon AE ou AF sera de 15. Cela posé, pour trouver l'épaisseur PS des piés-droits, il faut se proposer quatre opérations.

Pour la premiere, il faut chercher la superficie des deux cercles qui auroient pour rayon AB & AE ; (c'est-à-dire 12 & 15 pieds) pren-

PLAN. 4.
FIG. 7.

prendre le quart de leur difference, (& l'on aura 64 pieds quarrés) qu'il faut diviser par la hauteur du pié-droit; (c'est-à-dire par 15) & le quotient donnera 4 pieds 3 pouces 4 lignes, que nous nommerons premier terme.

Pour la seconde, il faut ajouter au raïon *AC* la moitié de l'épaisseur de la Voûte, pour avoir la ligne *AL* de (13 pieds & demi) qu'il faut quarrer & prendre la moitié du produit (c'est-à-dire 91 pieds 1 pouce 6 lignes) & en extraire la racine quarrée (qu'on trouvera de 9 pieds 10 pouces) qu'on ajoutera à la hauteur du pié-droit, & l'on aura 24 pieds 10 pouces que nous nommerons deuxième terme.

Pour la troisième, il faut ajouter ensemble le premier & le second termes, (c'est-à-dire 4 pieds 3 pouces 4 lignes, & 24 pieds 10 pouces, pour avoir 29 pieds 1 pouce 4 lignes,) qu'on multipliera par le premier (4 pieds 3 pouces 4 lignes) & le produit donnera 124 pieds 6 pouces 4 lignes, pour la valeur du troisième terme.

Enfin, pour la quatrième opération, il faut extraire la racine quarrée du 3^e terme, (j'entends de 124 pieds 6 pouces 4 lignes) qui est à peu-près 11 pieds 1 pouce 8 lignes) & en soustraire la valeur du premier, (c'est-à-dire 4 pieds 3 pouces 4 lignes,) la difference, qui est 6 pieds 10 pouces 4 lignes, sera l'épaisseur qu'il faut donner aux piés-droits,

Second Exemple.

PLANCH.
4.
FIG. 10.

51. Si l'on avoit une Voûte en plain ceintre, dont l'extrados, au lieu d'être circulaire, fut terminée par deux plans *GH* & *GI*, comme dans la figure 10. l'on trouvera l'épaisseur de ses piés-droits en faisant encore quatre opérations semblables aux précédentes, puisqu'il n'y aura que la première qui sera un peu différente à cause que la Voûte n'est pas la même que cy-devant.

Suposant le raïon *AB* de 12 pieds, la hauteur *BS* des piés-droits de 15, l'épaisseur *FC* de 3 dans le milieu des reins, & que l'angle *HGI* soit droit, on aura le quarré *AFGW*, dont le côté *AF* sera de 15 pieds.

Cela posé, pour la première opération il faut chercher la superficie du quarré *GFAW*, & en retrancher le quart de cercle *CA*, &c. diviser la difference (qui sera 112 pieds) par la hauteur *BS* des piés-droits, (c'est-à-dire par 15 pieds) & le quotient donnera 7 pieds 5 pouces 7 lignes, pour la valeur du premier terme.

La seconde opération se fera en ajoutant la moitié de l'épaisseur de la Voûte *FC* au raïon *AB* pour avoir la ligne *LA* (de 13
pieds

pieds & demi) qu'il faudra quarrer, prendre la moitié du produit, dont on extraira la racine (qui sera de 9 pieds 10 pouces) qu'on ajoutera à la hauteur du pié-droit, pour avoir 24 pieds 10 pouces, valeur du second terme.

Pour la troisième opération, il faut ajouter le premier terme (7 pieds 5 pouces 7 lignes) au second (24 pieds 10 pouces) multiplier leur somme (qui est 32 pieds 3 pouces 7 lignes,) par le premier (7 pieds 5 pouces 7 lignes,) & le produit sera 241 pieds 1 pouce 3 lignes, pour le troisième terme.

Enfin, pour la quatrième opération, on extraira la racine quarrée du troisième terme (241 pieds 1 pouce 3 lignes, & on trouvera qu'elle est de 15 pieds 6 pouces 2 lignes,) d'où il faut soustraire la valeur du premier terme, (7 pieds 5 pouces 7 lignes,) la différence sera 8 pieds 7 lignes pour l'épaisseur qu'il faut donner aux piés-droits,

Remarque.

52. Je viens de supposer que l'angle *HGI* étoit droit; mais s'il étoit obtus ou aigu, il faudroit encore chercher la superficie du quadrilataire *AFGW*, & en retrancher toujours le quart de cercle *CA*, &c. car tel que puisse être ce quadrilataire, on aura sans doute l'épaisseur *GB* au sommet de la Voûte, par conséquent la ligne *GA*, & l'autre *AF*, aussi-bien que l'angle *FAG*, qui suffiront pour connoître le reste.

Troisième Exemple.

53. Si le dessus de la Voûte étoit terminé par une plate-forme, comme dans la figure 11. il suffira de connoître l'épaisseur *GD* de cette Voûte à l'endroit de la clef, le rayon *AB*, & la hauteur *BS* des piés-droits, pour avoir l'épaisseur *PS*, en faisant encore quatre opérations.

PLANCH.
4.
FIG. II.

Pour la première, il faut quarrer la ligne *GA* composée du rayon & de l'épaisseur de la Voûte, du produit en soustraire le quart de cercle *CAT*, & diviser la différence par la hauteur des piés-droits, afin d'avoir le premier terme; à l'égard des trois autres opérations comme elles sont toutes semblables à celles des deux exemples précédens, il est inutile de les répéter.

H

PRO-

38 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

PROPOSITION SECONDE.

PROBLÈME.

Trouver l'épaisseur qu'il faut donner aux piés-droits des Voûtes Elliptiques ou surbaissées.

PLANCH.
5.
FIG. 8.

54. Pour avoir une parfaite intelligence de ce Problème, je conseille à ceux qui ne se sont point appliqués au Chapitre précédent, de lire avec attention l'Article 30. où il est parlé de la manière de tracer une Ellipse, ce qui leur suffira pour me suivre.

Ayant une Voûte Elliptique comme dans la figure 8. dont on connoît les demi axes BH & HD , on commencera par diviser le quart d'Ellipse BD en deux également au point L , duquel on abaissera sur DH & HB les perpendiculaires LK & LV , dont on cherchera la valeur avec le secours de l'échelle; & suposant que BH soit de 12 pieds, & HD de 8, on trouvera que LK ou VH est de 7 pieds 6 pouces, & LV ou KH de 6 pieds 3 pouces; & faisant la hauteur BS du pié-droit de 15 pieds, comme à l'ordinaire, il faut pour en avoir l'épaisseur se proposer cinq opérations.

Pour la première, il faut dire, comme le quarré de DH (de 64 pieds) est au quarré de BH (de 144,) ainsi la ligne KH (de 6 pieds 3 pouces) est à la ligne KA , qu'on trouvera de 14 pieds 9 lignes, qui est le premier terme dont nous avons besoin.

Pour la seconde opération, il faut chercher la superficie des deux Ellipses, dont la première auroit pour demi axe BH & HD , (de 12 pieds & de 8,) & la seconde pour demi axe HE & HG , (de 15 & de 4, parce qu'on suppose que la Voûte a encore 3 pieds d'épaisseur,) on retranchera la petite Ellipse de la grande, & on prendra le quart de la différence (que l'on trouvera de 54 pieds) qu'il faut diviser par la hauteur du pié-droit, le quotient sera 3 pieds 2 pouces 4 lignes, pour le second terme.

Pour la troisième opération, il faut ajouter la ligne LV (qu'on a trouvée de 6 pieds 3 pouces) à la hauteur du pié-droit, (pour avoir 21 pieds 3 pouces) qu'il faut multiplier par le premier terme (14 pieds 9 pouces) & diviser le produit par la valeur de LK qui est de 7 pieds 6 pouces,) le quotient sera d'environ 41 pieds 10 pouces pour le troisième terme.

A l'égard de la quatrième, il faut ajouter le second terme au troi-

troisième (pour avoir 41 pieds 10 pouces,) qu'on multipliera par la valeur du second, (c'est-à-dire par 3 pieds 2 pouces,) & le produit sera à peu-près 144, pour le quatrième terme.

Enfin, la cinquième opération se fera en extrayant la racine quarrée du quatrième terme, (ce qui sera de 12 pieds) de laquelle il faut soustraire le second, (3 pieds 2 pouces 4 lignes,) & la différence donnera 8 pieds 9 pouces 8 lignes, pour l'épaisseur des piés-droits.

Remarque.

55. Si l'extrados de la Voûte, au lieu d'être Elliptique, étoit terminé par deux plans 5. 6. & 5. 4. comme on le pratique aux Magasins à Poudre & aux Souterains, il faudroit, au lieu de suivre ce qui est dit dans la seconde opération, chercher la superficie du quadrilataire AF 5. 3. (formé par l'angle F 5. 3. & les deux lignes AF & A 3. qui ont été tirées des points L & 2 milieux des quarts d'Ellipses DB & D 7. au point A que l'on a trouvé par la première opération,) en soustraire la figure mixtiligne ALD 2. & diviser le restant par la hauteur du pié-droit afin d'avoir un quotient qui donnera le second terme: quant aux autres opérations, elles sont les mêmes que celles dont nous venons de parler.

FIG. 8.

PROPOSITION TROISIEME.

PROBLEME.

Trouver l'épaisseur qu'il faut donner aux piés-droits des Voûtes en tiers-points.

56. Ayant une Voûte en tiers-point dont on veut connoître l'épaisseur des piés-droits, il faut savoir d'abord à quelle distance les centres G & H , qui ont servi à décrire les deux arcs de la Voûte, sont du point A milieu de BI , leur position étant arbitraire dépendant du plus ou moins d'élevation qu'on veut donner à la Voûte, il faut savoir comme on les a déterminés & toujours dans la ligne BI ; cars'ils étoient au-dessus ou au-dessous comme je l'ai vû dans quelque ouvrage assés mal conçu, la Voûte seroit très-défectueuse, parce que son imposte feroit un jarret avec le pié-droit, & auroit beaucoup moins de force pour résister au choc des Bombes, si on la construisoit pour couvrir un Magasin à Poudre ou quelque autre Edifice

PLANCHE
6.
FIG. 1.

H 2

fice

fice Militaire. Nous supposerons donc qu'ils sont dans le milieu des lignes BA & AI , qui étant chacune de 12 pieds HB ou HD fera de 18, & HA de 6. de l'autre côté faisant la Voûte de 3 pieds d'épaisseur, & donnant encore 15 pieds à la hauteur BS des piés-droits, on trouvera le reste en suivant les cinq opérations que voici.

Pour la première opération, il faut chercher par la trigonometrie l'angle AHD du triangle rectangle DAH , duquel on connoît les deux côtés DH & HA , (& on trouvera qu'il est de 70 degrés 30 minutes.

Pour la seconde, il faut chercher la superficie des deux cercles qui auroient pour rayon HB & HE (de 18 & de 21 pieds,) en prendre la différence (qu'on trouvera de 368 piés quarrés,) ensuite dire, comme 360 degrés est à la valeur de l'angle DHB (de 70 degrés 30 minutes, que l'on a trouvé dans l'opération précédente,) ainsi la différence des deux cercles (368) est à un quatrième terme (qu'on trouvera de 71 piés 6 pouces 8 lignes) qu'il faut diviser par la hauteur (15) des piés-droits, & le quotient fera 4 piés 9 pouces 3 lignes, pour le premier terme.

Pour la troisième, on tirera la ligne HF par le milieu C de l'arc BD (qui donnera 35 degrés 15 minutes pour l'angle LHV , par la première opération) & du point L milieu de FC , on abaissera la perpendiculaire LV , on aura le triangle rectangle LVH , duquel on connoît les angles & le côté HL (de 19 piés & demi,) ainsi par les calculs ordinaires on trouvera 11 piés 3 pouces pour le côté LV , & 16 piés pour l'autre VH ; & pour ne pas confondre ces deux grandeurs dans les calculs suivans, nous nommerons 11 piés 3 pouces, second terme, & 16 piés, troisième terme.

Pour la quatrième opération, il faut ajouter le second terme (11 piés 3 pouces) à la hauteur du pié-droit (& l'on aura 29 piés 3 pouces,) qu'on multipliera par le second terme même; c'est-à-dire par 11 piés 3 pouces,) diviser le produit (295 piés 4 pouces,) par le troisième (j'entends par 16 piés, ajouter le quotient (18 piés 5 pouces 6 lignes) au premier terme, (4 piés 9 pouces 3 lignes) & multiplier la somme (qui est 23 piés 2 pouces 2 lignes) par le premier terme (4 piés 9 pouces 3 lignes,) le produit sera environ (110 piés 9 pouces 9 lignes) pour le quatrième terme.

Enfin, pour la cinquième opération, on extraira la racine quarrée du quatrième terme; (c'est-à-dire de 110 piés 9 pouces 9 lignes, qu'on trouvera d'environ 10 piés 6 pouces 2 lignes) d'où il faut soustraire le premier terme, (4 piés 9 pouces 3 lignes,) la différence

rence fera 5 pieds 8 pouces 11 lignes, qui est l'épaisseur qu'il faut donner aux piés-droits.

Remarque.

57. Si l'extrados de la Voûte, au lieu d'être curviligne comme nous le venons de supposer, étoit terminé par deux plans 5. 4. & 5. 6. il faudroit dans la seconde opération chercher la valeur du quadrilataire QF 5. 3. (formé par l'angle F 5. 3. & les deux lignes QF & Q_3 , qui ont été tirées des centres G & H , pour diviser les arcs DB & DI en deux également) en retrancher la figure mixtiligne QCD , & diviser le restant par la hauteur du pié-droit, le quotient fera le premier terme. A l'égard des autres opérations, elles doivent être de même que les précédentes.

PROPOSITION QUATRIÈME.

PROBLÈME.

Trouver l'épaisseur qu'il faut donner aux piés-droits qui soutiendroient une Plate-Bande.

58. La Plate-Bande est une espece de Voûte qui a la figure d'un Plat-Fond ; son usage le plus ordinaire est d'être employée dans les grands édifices, où il y a des peristyles, comme au vieux Louvre à Paris, ou bien on s'en fert aux Portes-Cocheres ; & alors comme cette Voûte a beaucoup de poussée, on peut, pour la soulager du poids qu'elle auroit à porter, faire un arc de décharge comme je l'ai dit ailleurs. Mr. Abeille, Ingenieur du Canal de Picardie, a imaginé une construction de plate-bande fort ingenieuse ; la coupe des Clavaux en est singuliere, & contribué beaucoup à diminuer la poussée que les piés-droits auroient à soutenir : j'en aurois volontiers fait la description, si elle étoit venue à ma connoissance avant que les Planches de ce second Livre fussent gravées.

PLANCH.
6.
FIG. 2.

Quand on veut construire une plate-bande $LDEF$, on décrit sur la ligne LF qui en doit déterminer l'étendue, un triangle équilatéral LAF , dont le point A sert de centre pour trouver la coupe des Clavaux, ainsi les lignes LD & EF , (qui ne sont autre chose que les côtés du triangle prolongé,) marquent les joints des deux derniers Clavaux qui s'appuyent sur les couffinets, desorte que c'est le Trapeze $LDEF$, qui cause la poussée que les piés-droits ont à soutenir : or si l'on suppose la ligne LF de 24 pieds, l'épaisseur CK de 3, & la hauteur

H 3

teur

52 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

teur LS des piés-droits de 15, il faut pour en trouver l'épaisseur se proposer quatre opérations.

La première est de chercher la valeur de la perpendiculaire AK par le moyen du triangle LAK , dont le côté LA étant double de LK , l'un fera de 12, & l'autre de 24, qui donneront 20 piés 9 pouces 4 lignes pour KA , que nous nommerons premier terme.

La deuxième, est de chercher la superficie du Trapeze $LDCK$, (que l'on trouvera d'environ 38 piés 3 pouces,) qu'il faut diviser par la hauteur du pié-droit (qui est de 15) & l'on aura 2 piés 6 pouces 7 lignes, pour le second terme.

Pour la troisième il faut diviser la valeur de la ligne AK , (c'est-à-dire 20 piés 9 pouces 4 lignes,) par le quart de la largeur LF de la plate-bande (qui est 6) multiplier le quotient (3 piés 5 pouces 6 lignes,) par la superficie du Trapeze $LDCK$ (que l'on a trouvé dans la seconde opération de 38 piés 3 pouces) & le produit sera 2 piés 3 pouces 4 lignes, pour le troisième terme.

Enfin, pour la quatrième opération, il faut quarrer le 2^e terme (2 piés 6 pouces 7 lignes) & ajouter le produit (6 piés 5 pouces 9 lignes) au troisième, (2 piés 3 pouces 4 lignes) de la somme (qui est 138 piés 9 pouces 1 ligne) extraire la racine quarrée (qui sera de 11 piés 9 pouces 4 lignes,) de laquelle retranchant la valeur du second terme, (j'entends 2 piés 6 pouces 7 lignes) la différence 9 piés 2 pouces 9 lignes, fera l'épaisseur qu'il faut donner aux piés-droits pour soutenir la poussée de la plate-bande dans l'état d'équilibre.

Remarque.

58. Quoique les Regles, que nous venons d'enseigner dans les quatre Problèmes précédens, aient donné un peu plus d'épaisseur qu'il ne falloit aux piés-droits pour être en équilibre avec la poussée qu'ils avoient à soutenir, on prendra garde que cette petite augmentation ne suffit pas dans la pratique où il faut que la puissance résistante soit toujours beaucoup au-dessus de celle qui agit, afin que l'ouvrage en soit plus solide; c'est pourquoi il est à propos d'en augmenter l'épaisseur d'un sixième de ce qu'on aura trouvé par le calcul; ou bien, si on l'aime mieux, on pourra sans y faire aucune augmentation fortifier les piés-droits par des contreforts, qui est le parti le plus convenable & le plus conforme à l'usage, du moins quand il s'agit des ouvrages qui ont raport à la Fortification, étant les seuls que j'ai envisagé. Car j'aurois pu dans les Chapitres précédens, aussi bien que dans celui-ci, parler de la construction des Voûtes des Eglises &

& de celles des autres Edifices qui demandent de la légèreté & une certaine hardiesse : peut-être même que les idées que j'ai là-dessus pourroient mériter l'attention des Curieux, principalement des Architectes ; mais, je n'ai pas voulu m'écarter de mon sujet, ni trop m'étendre sur ce qui auroit pu me distraire des autres parties qui doivent composer la suite de mon ouvrage.

Je ne dirai rien non plus de la manière de déterminer la longueur des contreforts par rapport à leur épaisseur & leur distance, parce que je n'aurois pu le faire que par des opérations très composées ; mais comme on peut s'en passer, puisque les personnes qui sont dans l'usage de faire travailler ont ordinairement assez de connoissance pour prendre d'eux-mêmes de justes mesures, les quatre propositions précédentes leur suffiront.

PROPOSITION CINQUIÈME.

PROBLÈME.

Trouver l'épaisseur qu'il faut donner aux Culées des Ponts de Maçonnerie pour soutenir en équilibre la poussée des Arches.

59. Voulant faire un Pont composé d'une Arche en plain-ceintre BDI , il faut élever sur le ceintre A la perpendiculaire AG & diviser le quart de cercle BD en deux également par le rayon AF ; ensuite mener la ligne MK parallèle à EA , en sorte qu'elle passe par le point L milieu de l'épaisseur FC de l'Arche, & alors elle déterminera la hauteur la plus convenable qu'il faut donner à la Culée $MPSQ$. Or supposant le rayon AB de 36 pieds, l'épaisseur FC ou GD de 6, & la hauteur BS de 12, on trouvera l'épaisseur PS de la Culée en faisant les quatre opérations suivantes.

PLANCH.
6.
FIG. .6

Pour la première, il faut quarrer la ligne AL (de 39 pieds) prendre la moitié du produit & en extraire la racine (qu'on trouvera de 27 pieds 7 pouces) pour avoir la valeur de chaque côté LV ou VA du triangle rectangle LAV ; & l'on aura en même tems la partie BV (de 8 pieds 5 pouces qu'il faut écrire à part, parce qu'on en aura besoin dans la troisième opération,) ensuite ajouter ensemble les lignes LV & BS , pour avoir la hauteur MP de la Culée de 39 pieds 7 pouces, qui sera le premier terme.

Pour la seconde, il faut chercher la valeur des deux cercles des rayons AD & AG , (c'est-à-dire, de 36 & de 42 pieds,) en prendre la différence, & la huitième partie de cette différence (qu'on trou-
vera

vera de 184 pieds quarrés,) qu'il faut diviser par le premier terme (j'entends par 39 pieds 7 pouces) & le quotient donnera 4 pieds 7 pouces 9 lignes, pour le second terme.

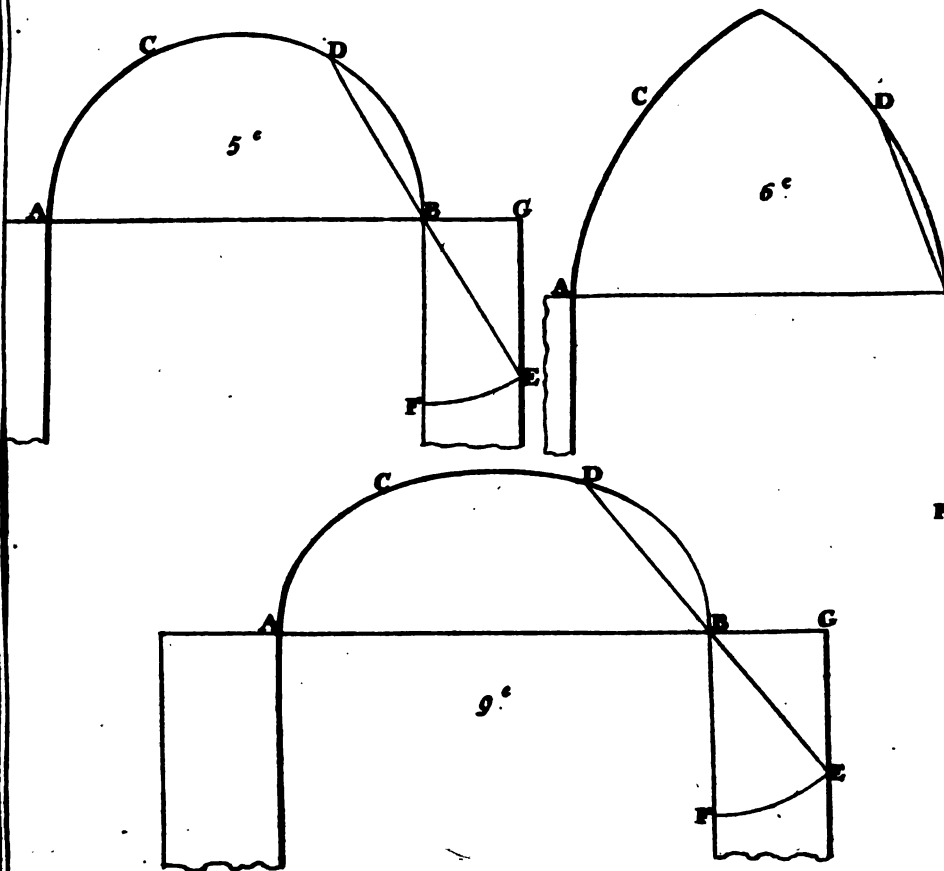
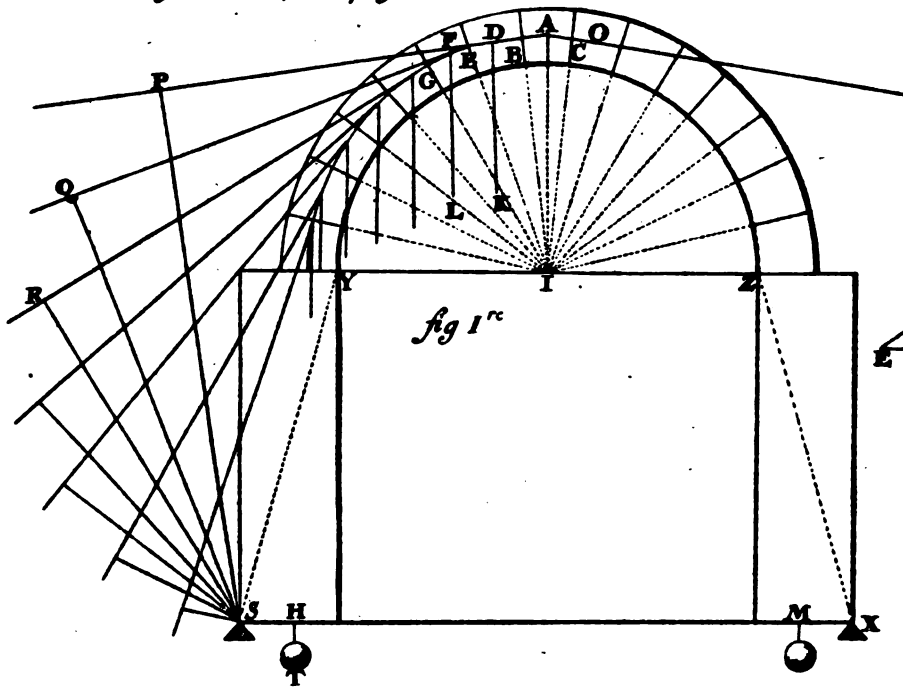
Pour la troisiéme, il faut soustraire la partie *BV* (de 8 pieds 5 pouces qu'on a trouvé dans la premiere opération) du premier terme (39 pieds 7 pouces,) la difference (31 pieds 2 pouces) doubler & l'on aura 62 pieds 4 pouces, pour le troisiéme terme.

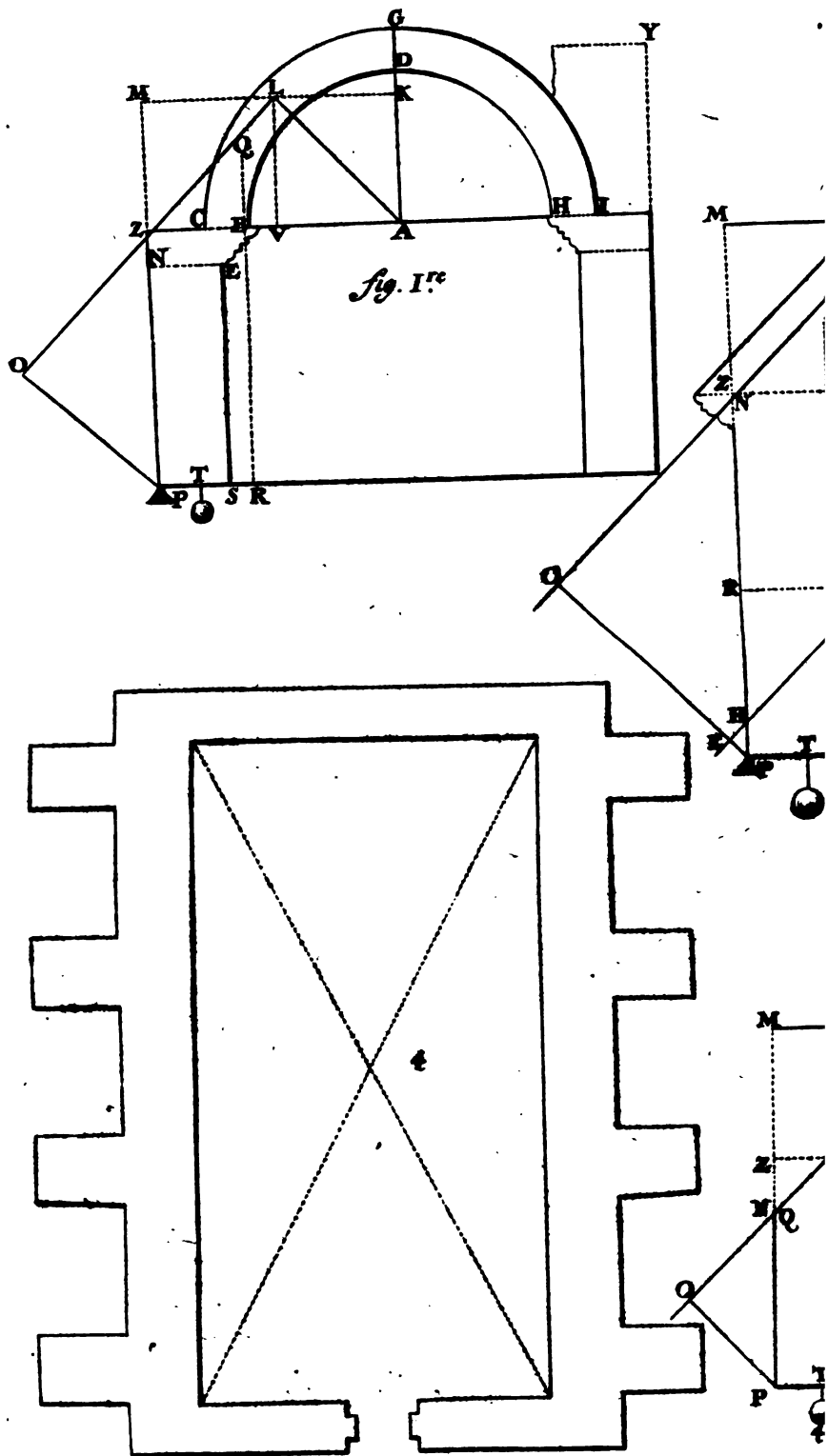
Enfin, pour la quatriéme, il faut ajouter le second terme (4 pieds 7 pouces 9 lignes,) au troisiéme (62 pieds 4 pouces, pour avoir 66 pieds 11 pouces 9 lignes) qu'on multipliera par le second terme, & extraire la racine quarrée du produit (311 pieds qu'on trouvera de 17 pieds 7 pouces 9 lignes,) de laquelle retranchant le second (4 pieds 7 pouces 9 lignes) la difference fera 13 pieds, pour l'épaisseur de la Culée, & si on l'augmente d'une sixième, suivant la Remarque précédente, il faudra lui donner 15 pieds 2 pouces pour mieux soutenir le poids de la Chaussée du Pont & les Voitures qui passeront dessus.

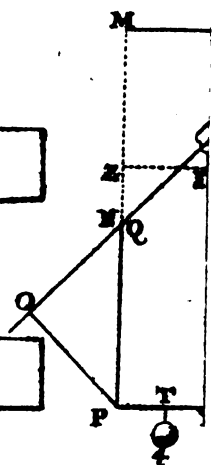
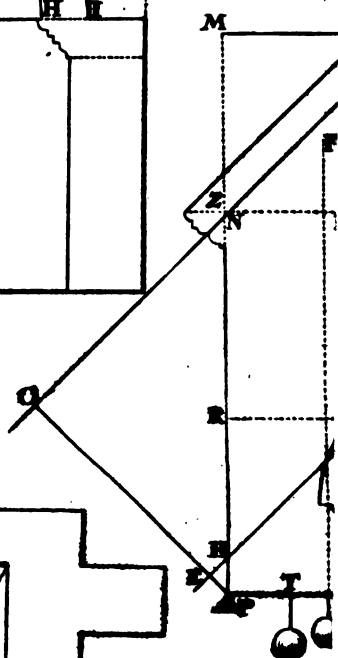
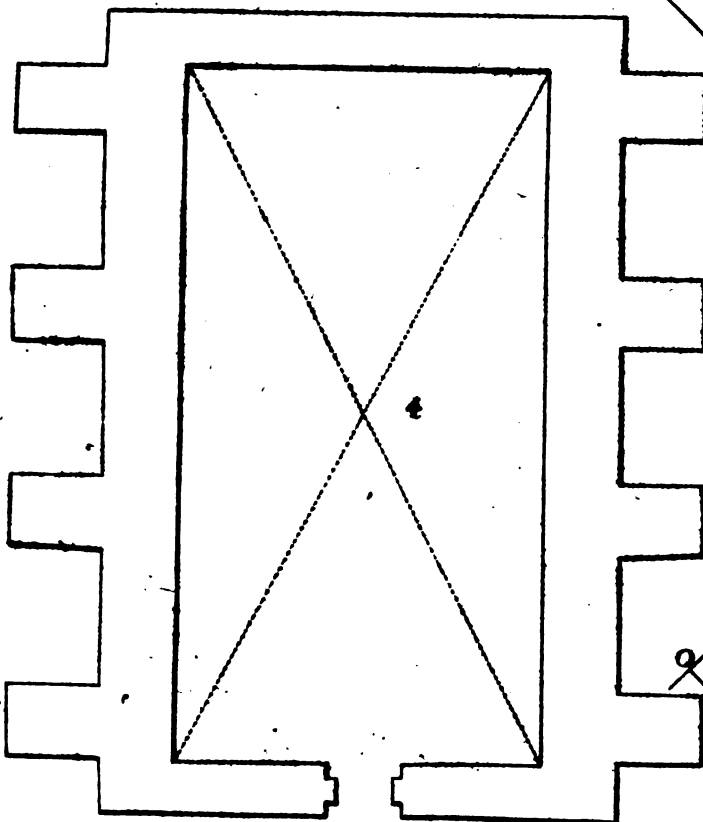
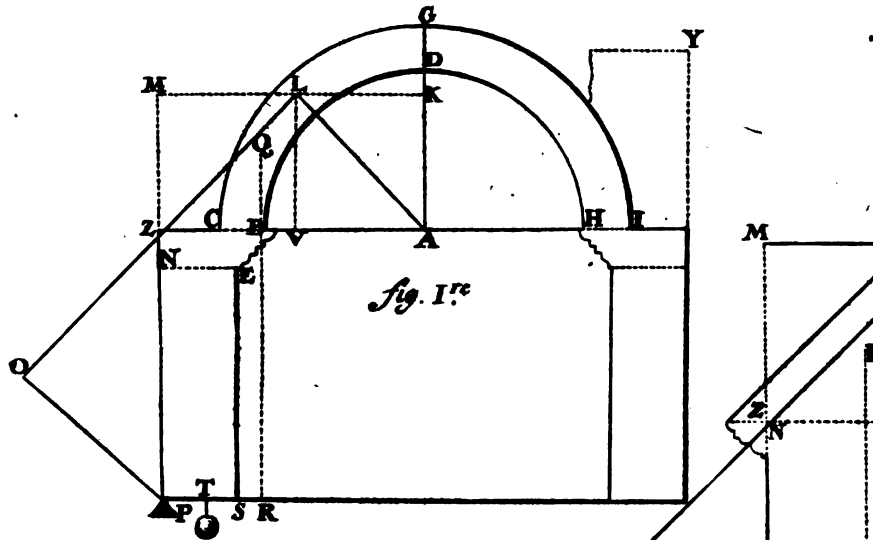
Remarque.

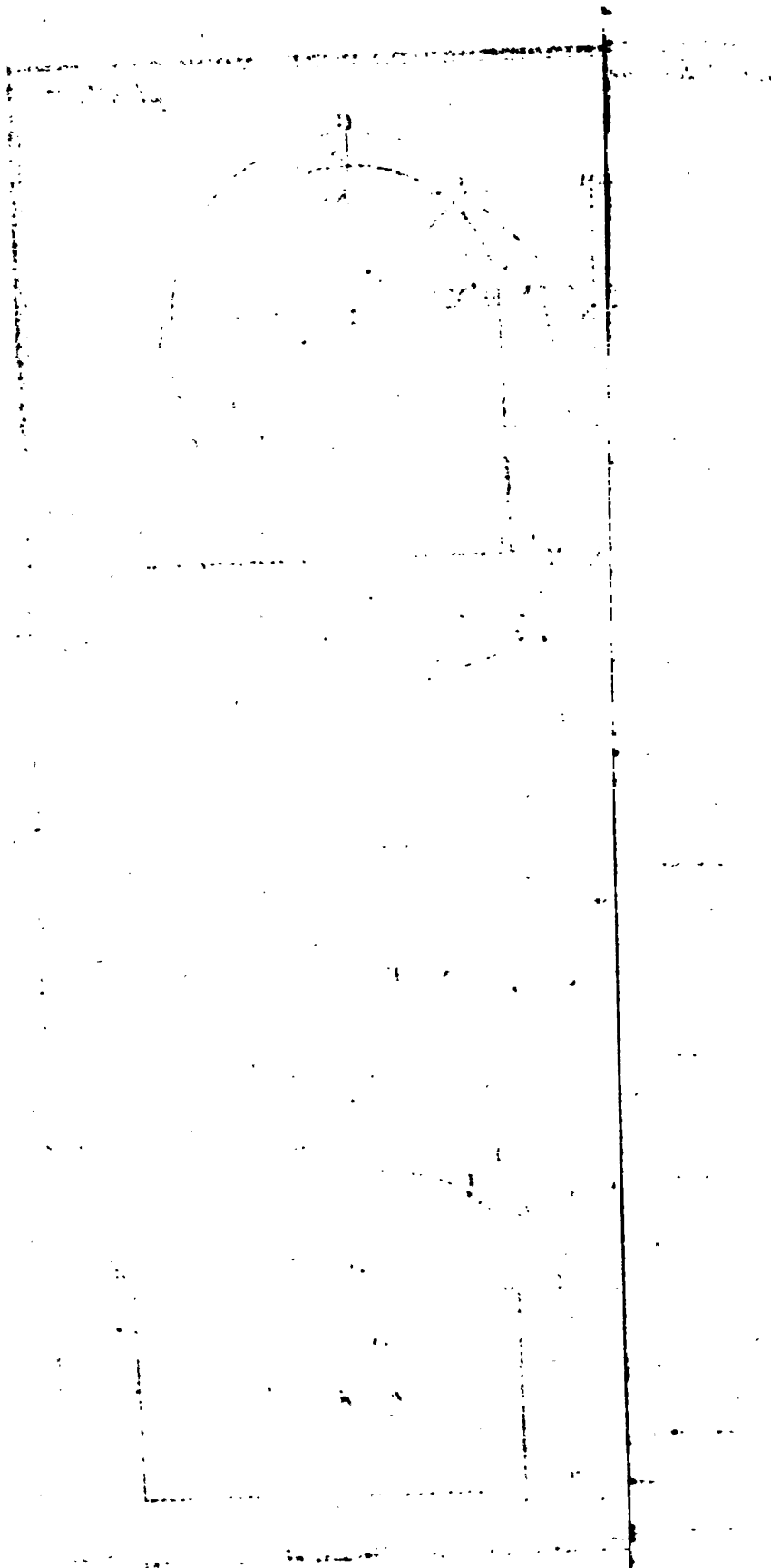
Quoique les calculs précédens soient bien aisés, j'en aurois volontiers dispensé ceux qui n'en ont pas l'habitude, si j'avois pû donner des Tables pour trouver l'épaisseur des piés-droits des Voûtes dans toute sorte de cas; mais, c'est ce qui ne m'a pas paru possible, à cause que les Edifices où on les employe sont sujets à une infinité de circonstances differentes, soit de la part de leur figure, ou de leur solidité, selon les usages auxquels on les destine: & si l'on savoit ce qu'il m'en a coûté pour reduire la Théorie aux Pratiques que je viens d'enseigner, l'on conviendrait que tout bien considéré on n'a pas lieu d'être mécontent de moi, puisque j'ai fait tout ce qui étoit en mon pouvoir pour m'accommoder aux differens genies de mes Lecteurs, comme on s'en apercevra encore mieux dans la suite.

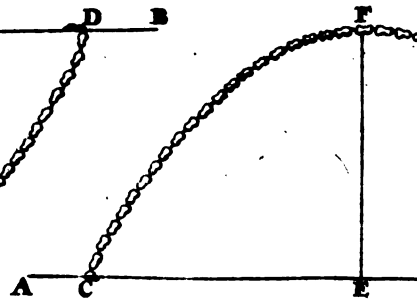
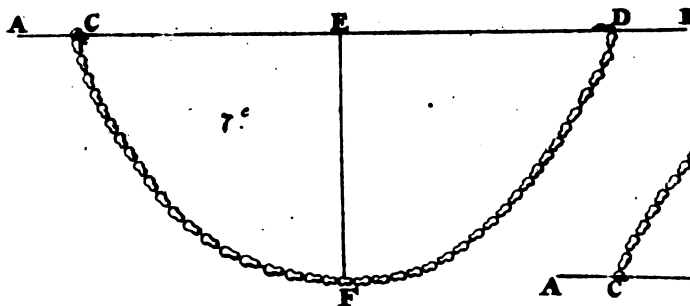
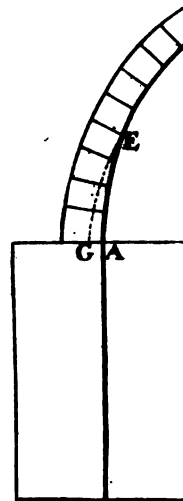
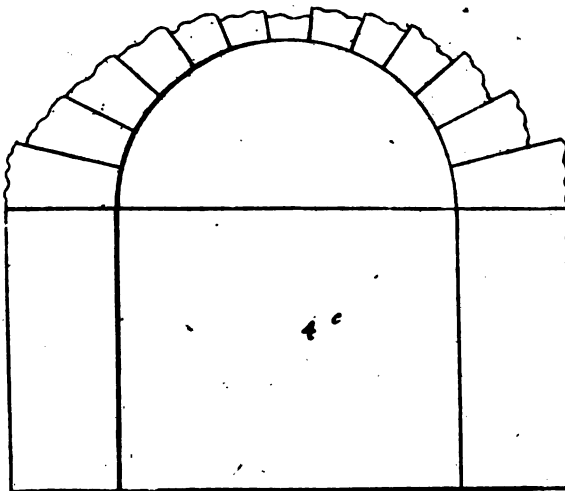
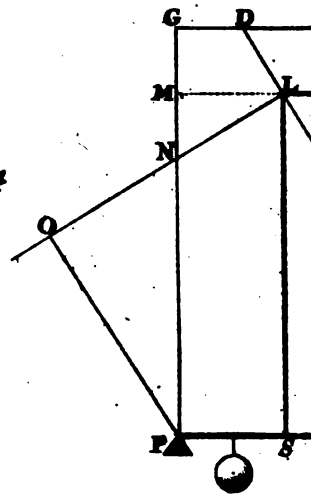
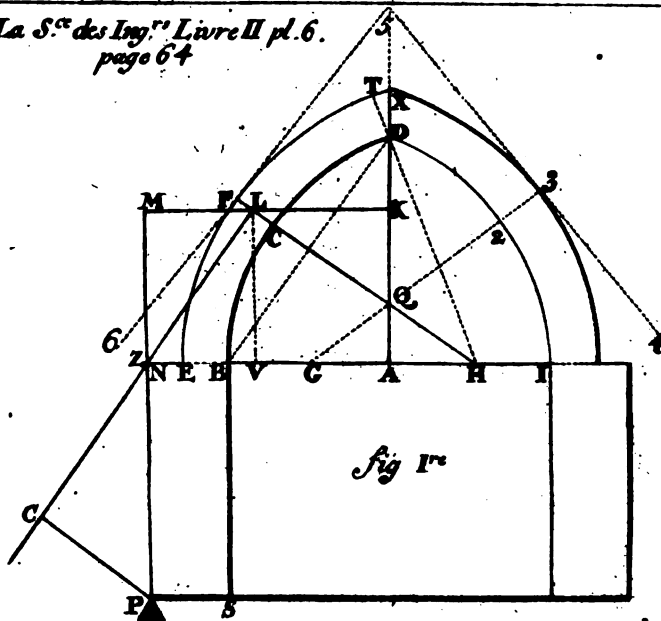


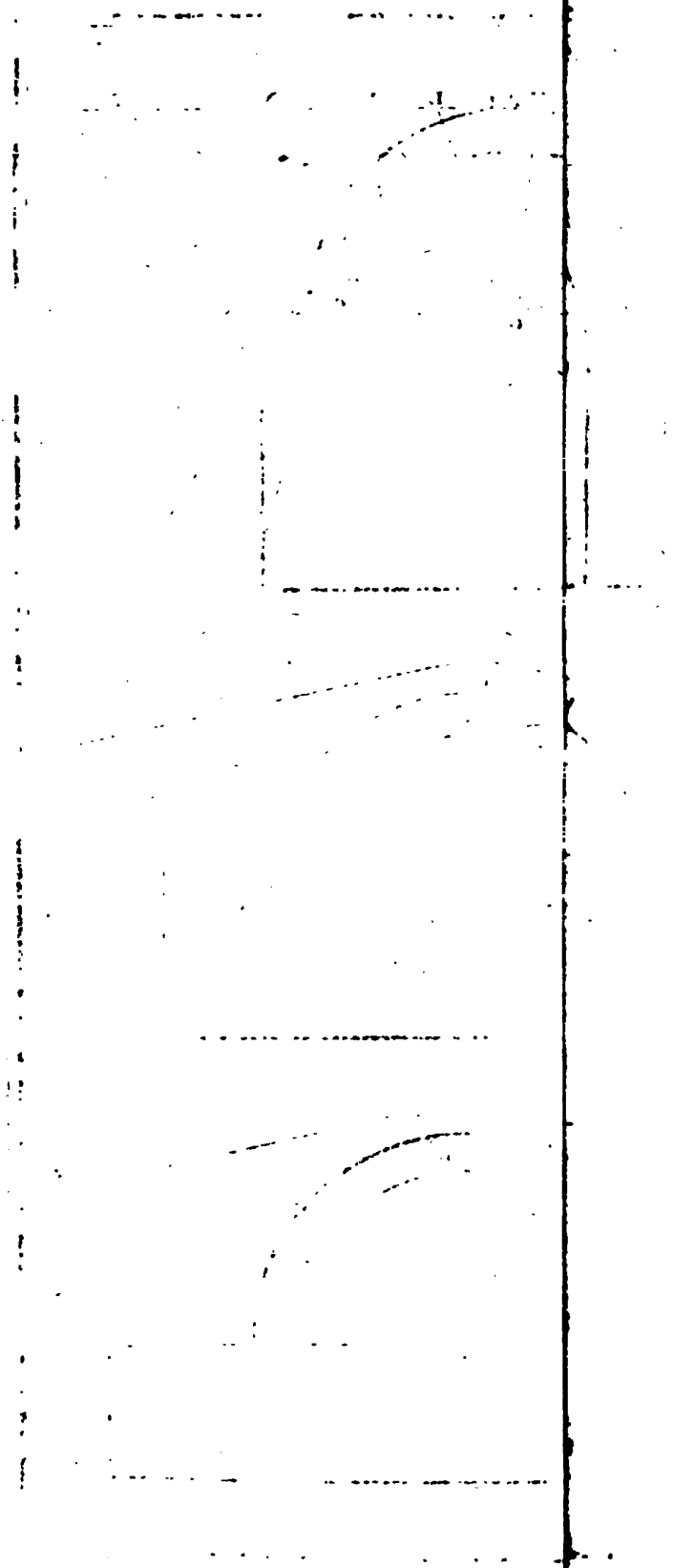














LA SCIENCE DES INGENIEURS

DANS LA CONDUITE DES TRAVAUX
DE FORTIFICATION.

LIVRE TROISIEME.

*Qui comprend la connoissance des Materiaux, leur propriété,
leur détail, & la maniere de les mettre en œuvre.*



VANT de parler de la Construction des Ouvrages de Fortification, qui vont faire le principal objet de ce Livre, il est à propos de donner la connoissance des matériaux nécessaires à leur execution, afin qu'on en sache distinguer les bonnes & mauvaises qualitez. Il y a un enchaînement de détails qui font la principale partie de l'Art de bâtir, & qu'on se propose de bien développer ici: ils paroîtront peut-être grossiers & peu importans à ceux qui n'ont jamais fait travailler; cependant, si l'on fait réflexion que pour executer un projet, il faut dresser des Devis
A qui

LA SCIENCE DES INGENIEURS,

qui expliquent les qualitez des matériaux dont il faudra se servir, & la maniere de les employer, l'on verra la necessité d'être bien instruit des sujets qui font l'objet des Chapitres suivans.

CHAPITRE PREMIER.

Où l'on fait voir les proprietéz des différentes sortes de Pierres dont on se sert pour bâtir.

LA Pierre tenant le premier rang parmi les matériaux que nous nous proposons de décrire, il convient de commencer par en expliquer la nature, on en distingue de deux qualitez différentes, l'une dure & l'autre tendre, celle qui est dure est sans difficulté la meilleure, il s'en rencontre pourtant quelquefois de tendre qui résiste mieux à la gelée que l'autre, mais comme cela n'est pas ordinaire, on ne doit pas y compter; car comme les parties de la Pierre dure ont leur pores plus condensés que celles de la tendre, elles doivent être capables d'une plus grande résistance, soit aux injures du tems, ou au courant des Eaux dans les Edifices aquatiques: mais, pour bien connoître la nature de la Pierre, il est à propos de rendre raison pourquoi celle qui est dure, aussi-bien que la tendre, est sujette à la gelée qui la fend & la fait tomber par éclat.

Dans l'assemblage des parties qui composent la Pierre, il y a des pores imperceptibles remplis d'eau & d'humidité, qui, venant à s'enfler dans le tems des gelées, fait effort dans ces pores pour occuper un plus grand espace que celui où elle est resserrée, & la Pierre ne pouvant résister à cet effort, se fend & tombe en destruction; ainsi plus la Pierre est composée de parties argilleuses & grasses, & plus elle doit participer de l'humidité, & par conséquent être sujette à la gelée.

Ce n'est pas seulement la gelée qui détruit la Pierre, on croit que la Lune l'altère, ce qui peut arriver pour les Pierres d'une certaine espece, dont les rayons de la Lune peuvent dissoudre les parties les moins compactes: en ce cas, on pourroit croire que ces rayons sont humides, & que venant à s'introduire dans les pores de la Pierre, ils sont cause de la séparation de ces parties, qui tombant insensiblement en parcelles, la fait paroître moulinée: il en sera au reste tout ce que l'on voudra; mais, ce qui me réjouit, c'est que si la Lune mange ou mouline les Pierres, la Terre qui doit être une
bien

bien plus grande Lune, a bien sa revanche, & les Pierres de la haut sans doute n'ont pas beau jeu.

Dans les endroits où l'on se propose de bâtir, on pourra juger de la qualité de la Pierre des Carrieres des environs, par l'examen de celle dont on aura construit quelques anciens édifices; mais si l'on vouloit en employer d'une nouvelle Carriere, dont on n'eût pas encore fait usage, il faudroit en prendre quelques quartiers, tirez de differens endroits de la Carriere, qu'on exposera sur une terre humide, pour lui laisser essuyer la gelée d'une partie de l'hyver, & s'ils résistent dans cette situation, on pourra s'assurer qu'elle est bonne; on peut encore avoir recours à diverses observations, pour connoître si elle est d'un bon usage, par exemple on se méfiera de celles qui sont de couleur d'un jaune foncé, parce que souvent cette couleur ne vient qu'à cause que la Pierre est grasse, ou n'a pas encore jetté son eau de Carriere; de celles où l'on apercevra des veines brunes ou rouges, & qui ont une grosseur considérable de *bouzin* ou dont les parties ne sont pas assez serrées pour résister aux empreintes qu'on voudroit faire dessus en les frapant avec une baguette, de celles qui sont si grasses qu'elles paroissent mouliner & qui s'écaillent trop facilement & se réduisent en feüille, dès qu'on les frappe avec le marteau; de celles enfin qui sont trop fraîchement tirées des Carrieres & qu'on ne peut gueres employer seulement quand même elles n'auroient pas les deffauts que nous venons de remarquer, qu'après les avoir exposées un hyver à la gelée. Mais si l'on est pressé il faudra au moins les mettre en œuvre à la fin du Printems, afin que les chaleurs de l'Eté fassent évaporer l'humidité qu'elles renferment pour être ensuite à l'épreuve des plus rudes saisons.

On jugera de la bonté de la Pierre, si elle est bien pleine, d'une couleur égale, sans veine, d'un grain fin & uni, si les éclats s'y coupent net & rendent quelque son.

Quand on employe la Pierre, il faut faire enforte de la poser sur son lit, je veux dire de la même façon qu'elle étoit placée dans la Carriere, parce que selon cette situation elle est capable de resister autant qu'il lui est possible au poids des gros fardeaux dont elle sera chargée, au lieu que posée d'un autre sens elle s'éclate & n'a pas à beaucoup près autant de force; la plupart des bons Ouvriers connoissent d'un coup d'œil le lit de la Pierre; mais, à moins qu'on n'y prenne garde, ils ne s'asujettissent pas toujours à la poser comme il faut.

Quand on construit quelque Edifice, où on est obligé de se servir

2 LA SCIENCE DES INGÉNIEURS,

vir de Pierres de differente qualité, il faut prendre garde d'employer la meilleure, la plus dure, & celle qui resiste le mieux à la gelée, aux endroits qui sont exposez à l'air, reservant celle qu'on soupçonnera n'être pas si bonne, pour les placer dans les fondemens & aux endroits couverts.

Dans les Carrieres la Pierre s'y trouve ordinairement disposée par bancs, dont l'épaisseur change selon les lieux & la nature de la Pierre ; par exemple, celle d'Arcueil proche Paris porte depuis douze jusqu'à quinze pouces de banc. Il y a d'autres Carrieres aux environs de la même Ville, dont les bancs ont jusqu'à deux pieds & demi, & trois pieds ; mais sans nous arrester davantage là-dessus, il suffit de dire que quand on fait bâtir dans un Pays, où l'on n'a point une parfaite connoissance de toutes ces particularitez, il faudra s'en instruire sur les lieux, afin de pouvoir circonstancier, dans le Devis, de quelle Carriere les Pierres devront être tirées, afin qu'elles conviennent à l'Ouvrage que l'on a dessein d'exécuter.

Quand la Pierre, que l'on veut mettre en œuvre, est composée d'assez gros quartiers, pour être taillée de telle figure que l'on veut, on la nomme Pierre *de taille* : à l'égard de celle dont on ne fait qu'ôter le bousin, & qu'on équarit grossièrement pour être employée au remplissage des gros murs, & dans les fondemens, on l'appelle *moilon*, que l'on tire des Carrieres, dont les bancs n'ont pas assez de hauteur pour pouvoir être taillées & employées au parement. - Ils'employe aux environs de Paris un moilon qu'on nomme Pierre de *Meuliere*, qui est fort dure & fort poreuse, & qui fait une Maçonnerie excellente, parce que le mortier s'y attache mieux qu'à toute autre sorte de Pierres ; & c'est par cette raison que la Brique, quand elle est bonne, vaut mieux pour l'union de la Maçonnerie, que la plupart des Pierres dures, parce que le mortier s'insinué dans ses pores & s'y attache fortement.

On se sert encore pour les fondemens d'une autre espece de Pierre plus dure que le moilon, qu'on nomme *libage* : elle se tire du ciel des Carrieres ; on l'employe brute, ne pouvant être taillée proprement, à cause quelle est toujours d'une forme irréguliere.

Le *Grès*, qui est un espece de Roche, se trouve presque toujours à découvert, & c'est ce qui contribué à sa dureté ; car en general toutes les Pierres qu'on trouve sans creuser beaucoup en terre sont plus solides que celles que l'on tire du fond des Carrieres ; & c'est à quoi les Anciens s'attachoient beaucoup, puisque, pour rendre leurs Edifices d'une plus longue durée, ils se servoient de Pierres provenant des entamures des Carrieres qu'on découvroit ;

on

LIVRE III. DE LA CONSTRUCTION DES TRAVAUX. 5

On distingue de deux sortes de Grès, le dur & le tendre ; le dur n'est bon que pour paver les ruës & les grands chemins, le tendre se coupe & se débite comme les Pierres ordinaires, on l'employe au soubassement des gros murs, principalement pour ceux qui sont baignez des eaux, son deffaut est de ne pas faire une bonne liaison c'est pourquoi on fait des hachures dans les joints pour que le mortier s'y accroche mieux, ces joints se remplissent en dehors avec du ciment, parce qu'il s'attache mieux à la Pierre dure que le mortier ordinaire.

CHAPITRE DEUXIEME.

Où l'on considère les qualitez de la Brique & la maniere de la fabriquer.

LA Brique étant une espece de Pierre artificielle, dont l'usage est très fréquent dans les Constructions des Edifices, particulièrement pour les Fortifications, nous en allons faire le détail, qui, quoique grossier en apparence, ne laisse pas d'être utile à savoir, à ceux qui ont la conduite des travaux, pour qui les moindres choses ne doivent pas être indifferentes, quand elles peuvent contribuer à la perfection de leur métier.

Pour bien choisir une terre propre à faire de la Brique, il faut qu'elle soit grasse & forte, de couleur blanchâtre, ou grisâtre, sans qu'il s'y rencontre de petits cailloux ni gravier ; il y en a aussi de la rouge qui peut servir au même usage ; mais elle n'est pas des meilleures, parce que les Briques sont sujettes à se feuilletter & à se réduire en poudre à la gelée ; mais sans prendre garde scrupuleusement à la couleur, on jugera qu'une terre est bonne pour faire de la Brique, si, après une petite pluie, on s'aperçoit qu'en marchant dessus elle s'attache aux fouliers, & s'y amasse en grosse quantité, sans qu'elle s'en détache aisément ; ou si, en ayant pétri dans les mains, on ne peut la diviser qu'avec peine.

Après avoir choisi un espace de terre convenable, on la fait fouiller avec la houë, & ayant reconnu qu'elle est également bonne par-tout, on attend le tems de la pluie, parce qu'en étant bien imbibée, on la corroye ensuite avec la houë & le rabot, après quoi on la laisse reposer pendant quelque tems, au bout duquel on recommence la même chose, ce que l'on fait quatre ou cinq

6. LA SCIENCE DES INGENIEURS;

fois à diverses reprises: on commence ordinairement la préparation des terres dans le mois de Mars; mais il vaudroit mieux la faire dans l'hiver, parce que les petites gelées sont excellentes pour les bien corroyer: le véritable tems pour faire la Brique est pendant les mois de May & de Juin, parce que dans cette saison elle a tout le tems de seicher, pour être ensuite plus propre à mettre au Four; car il faut autant qu'il se peut éviter la saison trop avancée, les Briques faites alors n'étant pas si bonnes à beaucoup près que celles qui sont faites en Été.

Ce n'est pas assez d'avoir insinué ce qui peut contribuer à faire de bonnes Briques, il faut encore discerner les bonnes & mauvaises qualitez de celles qui se trouvent en Magasin, puisque c'est de-là que dépend la durée de l'ouvrage qu'on veut exécuter. Vitruve rapporte que de son tems, dans la fameuse Ville d'Utique, le Magistrat, pour empêcher toute male-çon, ne permettoit pas qu'on en employât pour aucun Edifice, qu'il ne les eût visitées auparavant & donné son approbation: on s'aperçoit bien que cette sage police n'est plus d'usage parmi nous, puisqu'à la confusion de la plupart des Entrepreneurs, l'on voit tous les jours des Bâtimens menacer ruine, avant pour ainsi dire d'être achevez.

La Brique, qui est d'une couleur jaune, approchant un peu d'un rouge pâle, est bonne, parce qu'ordinairement elle a été faite d'une terre grasse, comme est celle dont nous venons de parler. On connoitra encore la bonne Brique au son, car celle dont il fera le plus net sera préférable aux autres dont le son est sourd. Il arrive assez souvent que des Briques faites d'une bonne terre, & préparées également, sont de différentes couleurs, & par conséquent de différentes qualitez, & cela se distingue sur-tout quand on en voit qui sont plus rouges les unes que les autres, qui n'en sont pas pour cela meilleures, mais au contraire, puisqu'elles sont d'une très-mauvaise qualité, parce qu'elles ont été placées dans le Four à des endroits où le feu n'a pas eu assez de force pour les cuire, ce qui fait qu'elles ne résistent pas à la gelée ni au poids dont elles sont chargées, se cassant & se réduisant en poudre facilement.

Enfin, la preuve la plus sûre pour connoître la bonté de la Brique, quand il s'agit de quelque Ouvrage d'importance, dont on peut différer l'exécution d'une année, c'est de coucher celles que l'on veut employer, sur la terre pendant l'hiver, pour y essuyer la gelée, parce qu'alors celles qui y auront résisté sans se feuilletter, & auxquelles il ne sera arrivé aucune alteration considérable, pourront être mises en œuvre en toute sûreté.

La

La grandeur ordinaire des Briques est 8 ou 9 pouces de longueur sur 4 ou 5 & demi de largeur & 2 d'épaisseur; ces dimensions sont le plus en usage, parce qu'elles rendent les Briques fort commodes pour être mises en œuvre.

Quand les Murs n'ont qu'une médiocre épaisseur, on les détermine par le nombre des Briques qu'il faut pour en marquer l'étendue, tels sont ceux de deux Briques, d'une Brique & demi, & d'une Brique, dont on se sert pour les Murs mitoyens, ou pour ceux de clôture.

CHAPITRE TROISIÈME.

Où l'on fait voir les qualitez de la Chaux & la maniere de l'éteindre.

LA Chaux pouvant être regardée comme l'Ame de la Maçonnerie, il est de la dernière conséquence d'être bien instruit de tout ce qui lui appartient, afin que dans l'usage que l'on en fera, on parvienne à cette fin principale que l'on doit se proposer en construisant les Bâtimens, qui est de faire ensorte que les matériaux soient si bien unis qu'ils ne paroissent plus composer qu'une seule Pierre.

La Chaux est une Pierre calcinée, qui se détrempe avec de l'eau & du sable, pour en composer le mortier: pour faire de la bonne Chaux, il faut se servir de pierres très-dures, pesantes, & blanches; & de toutes celles qu'on peut employer, il n'y en a point qui en fasse de meilleure que le marbre, quand on est à portée d'en avoir comme dans le Pays où il est commun: la Pierre tirée de frais ou nouvellement est meilleure à faire la Chaux, que la ramassée; & particulièrement celle des Carrieres humides & à l'ombre, que celles qui sont plus seiches: les Cailloux qui se rencontrent sur les Montagnes, ou dans les Rivières & les Torrens, aussi-bien que certaines Pierres spongieuses & dures qui se trouvent quelques fois dans les Campagnes, font une très-bonne Chaux, & l'ouvrage en est fort blanc & poli; ce qui fait qu'on s'en sert ordinairement au crépissage des Murs: il y a une Pierre jaunâtre, qui se tire aux environs de Boulogne en France, qui fait aussi une Chaux excellente, & qui est la plus estimée de toutes celles qu'on peut employer en Picardie & en Artois, où communément elle n'est pas trop bonne, parce qu'on la fait avec du moillon tendre & blanc, qui ne diffère gueres de

3 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

de la craye, qui est la plus mauvaise qualité qu'une Pierre puisse avoir pour faire de la Chaux.

Le Charbon de terre vaut beaucoup mieux pour cuire la Chaux que le bois; car, non-seulement la cuisson en est plus prompte, mais c'est qu'il rend la Chaux plus grasse & plus onctueuse.

Quand la Chaux est tirée du Fourneau, il faut pour la bien éteindre prendre garde que les Ouvriers y mettent la quantité d'eau nécessaire, car le trop peu la brûle, & la trop grande quantité la noye, le mieux est de la jetter à diverses reprises.

L'on connoît, selon Philbert de Lorme, que la Chaux est bonne, lorsqu'elle est bien cuite, blanche, & grasse, qu'elle n'est pas éventée & sonne comme un pot de terre quand on la frappe, qu'étant mouillée sa fumée paroît épaisse, & lorsqu'en la détremper elle se lie au rabot.

Selon ce même Architecte, la maniere de la bien détremper pour faire d'excellent mortier, est d'en amasser dans une Fosse telle quantité qu'on en aura besoin, puis la couvrir également par-tout de bon sable environ un pied ou deux d'épaisseur, ensuite jetter de l'eau par dessus suffisamment pour faire que le sable en soit bien abreuvé, afin que la Chaux qui est dessous se puisse fuser & dissoudre sans se brûler, ce qui arriveroit si on ne lui donnoit pas d'eau suffisamment; si l'on s'aperçoit que le sable se fende en quelqu'endroit, & fasse passage à la fumée, il faut aussi-tôt recouvrir les crevasies, & moyennant cette préparation, elle se convertira en une masse de graisse, laquelle étant entamée au bout de deux ou trois ans ressemblera à un fromage de crème; cette matiere sera si grasse & si glutineuse, qu'on n'en pourra tirer le rabot qu'avec peine, & fera un mortier d'un excellent usage pour les enduits des murailles & les Ouvrages de Stuc.

Vitruve remarque, qu'il est nécessaire que les Pierres de Chaux soient éteintes depuis long-tems, afin que s'il y a quelques morceaux qui aient été moins cuits que les autres, ils puissent étant éteints à loisir se détremper aussi aisément que les autres; car dans la Chaux qui est employée en sortant du Fourneau, & devant qu'elle soit parfaitement éteinte, il reste quantité de petites Pierres moins cuites qui font sur l'ouvrage comme des pustules; parce que venant à s'éteindre plus tard que le reste de la Chaux, elles rompent l'enduit & le gâtent; il ajoute aussi que pour savoir si la Chaux est bien éteinte & suffisamment détrempée, il faut y enfoncer un cou-teau: s'il rencontre de petites pierres, c'est une marque qu'elle n'est pas encore bien éteinte; de même, si on le retire net, cela
signifiera

signifiera qu'elle n'est pas bien abreuvée, au lieu que si la Chaux s'y attache, on jugera qu'elle est grasse, gluante, & bien détrempée.

Il y a cependant une excellente qualité de Chaux qui ne se fûse point : telle est celle de Metz & des environs, où il est arrivé que des gens, qui n'en connoissoient pas la qualité, en avoient fusé dans des trous bien couverts de sable, & l'année suivante elle s'est trouvée aussi dure que de la Pierre ; il a fallu la casser avec des coins de fer, & l'employer comme du moëlon. Pour éteindre cette Chaux, on la couvre de tout le sable qui doit entrer dans le mortier ; & l'on jette avec la main de l'eau dessus, en arrosant, & cela à plusieurs reprises. Cette Chaux s'éteint sans qu'il sorte de fumée au-dehors : elle fait un si bon mortier, qu'à Metz presque toutes les Caves en sont faites sans autre mélange que de gros gravier de Rivière, il n'y entre ni Pierre ni Brique, & cela fait un mastic si dur, que les picques les mieux acérées n'y peuvent mordre, lorsque ce mortier a fait corps.

Dans toutes les observations qu'on a faites sur la Chaux, on a connu que plus elle est vive, plus elle foisonne quand on l'éteint, porte davantage de sable, fait son mortier gras & bon ; qu'étant gardée long-tems après avoir été éteinte, pourvu qu'elle soit dans des fosses bien couvertes de sable, meilleure elle est : c'est pourquoi les Romains ne vouloient pas qu'on en employât pour leurs Edifices, qu'elle ne fût éteinte depuis deux ou trois ans. On a remarqué encore que la Chaux en poussière ne valoit rien, parce que son sel ayant changé de nature & de vertu, elle n'avoit plus celle de faire corps dans la maçonnerie.

CHAPITRE QUATRIÈME.

Où l'on explique les qualitez du Sable, de la Pozzolane, & du Plâtre.

A Près avoir montré, dans le Chapitre précédent, les qualitez de la Chaux, nous en allons faire de même pour le Sable, afin qu'étant prévenus de tout ce qui regarde ces deux matieres, on sache par leur mélange composer un bon mortier : il faut pouvoir être Maçon, avant de devenir Architecte ; &, puisqu'il faut nécessairement passer par-là, je prie ceux qui verront les premiers Chapitres de ce Livre de ne point s'ennuyer de la sterilité des sujets

B

jets qu'on y traite: ils doivent s'estimer fort heureux, d'en être quittes pour la lecture.

L'on distingue principalement deux sortes de Sable, dont on peut se servir pour faire le mortier; l'un est le Sable de *Cave*, que l'on nomme ainsi pour faire entendre qu'on le trouve en fouillant dans la terre; l'autre s'appelle Sable de *Riviere*, parce qu'effectivement on le prend dans les lits des Rivières & des Fleuves. Le Sable de *Cave* se rencontre assez souvent sans approfondir beaucoup dans la Terre, où il forme presque toujours des bancs, dont l'étendue & l'épaisseur changent selon la différence des lieux, qui lui donnent aussi une couleur différente; mais comme la couleur ne décide rien sur sa bonne & mauvaise qualité, & qu'il est seulement question du grain, il faut, pour être d'un bon usage, qu'il ne soit point gras ni terreux; c'est-à-dire, qu'il ne soit point mêlé avec de la terre; mais au contraire net; en sorte qu'en le frottant entre les doigts il raisonne: celui qui est blanc est ordinairement le moins chargé de terre, & peut s'employer sûrement, ayant attention que le grain en soit d'une certaine grosseur, car quand il est par trop fin & presque imperceptible, il ne fait point de corps avec la Chaux, & le mortier qui en est composé se réduit par la suite en poussière.

Le Sable de *Riviere* est à préférer à celui de *Cave*; parce qu'il est moins gras & beaucoup meilleur pour les enduits; ainsi, quand on est à portée d'en avoir, il faut autant qu'il est possible ne pas le négliger. Il est vrai qu'il arrive assez souvent qu'en fouillant pour creuser les fondemens, on en rencontre de *Cave*, qu'on auroit tort de ne point employer, quand il est bon; parce que se trouvant tout porté sur l'atelier, on évite la dépense de l'aller chercher ailleurs, & le transport de la vuidange des terres qu'il faudroit faire sans cela; mais ce motif, quoique puissant pour ceux qui aiment l'économie, ne doit point prévaloir sur le tort que l'on auroit d'employer dans le mortier (comme on fait assez souvent) une terre jaune au lieu de Sable, parce que cette terre aura paru dure & sabloneuse.

Le Sable de *Riviere* se tire de leurs lits avec des Dragues faites à cet usage: celui qui est sur le rivage n'est pas tout-à-fait si bon, étant sujet à être mêlé & couvert de vases, qui est une espèce de terre grasse qui s'y attache dans le tems des grandes eaux & des débordemens; cependant, quand il s'en rencontre qui ne participe pas de ce mélange, on peut s'éviter la peine de le pêcher, ou bien si la superficie du rivage est chargée de vases, on en fera quitte pour enlever une espèce de croûte qui s'y rencontre ordinairement, & pren-

prendre le bon sable qui est dessous, afin de l'avoir pur. Il se trouve encore un espece de Sable appellé *gravier*, qui étant purgé de tout ce qui peut le rendre défectueux est aussi d'un bon usage; mais, il est moins estimé que le Sable, parce qu'il n'est pas si menu, étant mêlé de petits cailloux qui ne s'incorporent pas bien avec la Chaux, & par conséquent ne peut faire qu'un mortier peu propre à la liaison des Pierres, à cause de l'épaisseur & inégalité des joints: on peut pourtant s'en servir dans la construction des fondemens & autres gros Ouvrages. Il se trouve sur le bord de la Mer, & dans les Terres, un Sable fort menu qu'on appelle *sablon*, dont on se sert quelques fois comme du Sable ordinaire, mais il n'est pas si bon; cependant, il s'en rencontre d'excellent dans les marais, quand on voit qu'en marchant dessus il en sort de l'eau, ce qui lui a fait donner le nom de sable *bouillant*.

Pour juger du sable dont on est incertain, il faut en jeter dans un vase plein d'eau claire, & le broüiller ensuite avec la main: si l'on voit que l'eau devienne noire & bourbeuse, c'est une marque qu'il est gras & terreux; si au contraire l'eau est presque aussi claire qu'auparavant, ou n'est devenue qu'un peu trouble, on sera convaincu que le sable est pur & net.

Il se fait encore un mortier de deux especes de poudre. La premiere est la *Pozzolane*, dont la couleur est rougeatre: elle se trouve en Italie, & au Pays de *Bayes*. Cette poudre est très-bonne pour les Bâtimens; & rien au monde ne lie mieux les Pierres que le mortier qui en est fait, non seulement pour la maçonnerie des Edifices qui s'élevent dans les lieux secs, mais particulièrement pour ceux qui se fabriquent au fond de la Mer & dans les Eaux, faisant corps peu après avoir été employé, parce qu'elle se durcit dans l'eau, comme nous l'expliquerons plus amplement ailleurs. Je crois que cette poudre n'est autre chose que la terre & le tuf qui sont brûlez par les feux souterrains qui sortent des montagnes, aux environs desquels on la tire; & voici ce me semble la raison de son admirable propriété.

Comme la Thuille, qui est une composition de terre, n'a point de vertu avant la cuisson pour agir avec la Chaux, & qu'après être cuite & réduite en poudre, elle fait un mortier excellent, de même la terre bitumineuse qui se trouve au Royaume de Naples, étant brûlée par les feux souterrains, les petites parties qui en résultent, & qu'on peut regarder comme une cendre, composent la poudre de Pozzolane qui doit par conséquent participer des propriétés du ciment: d'ailleurs, la nature du terrain peut y avoir aussi beaucoup

de part, aussi-bien que l'effet que produit le feu. Il y a apparence que l'on nomme cette poudre Pozzolane, parce qu'elle se trouve dans le territoire de la Ville de *Pozzol*, si fameuse par ses grotes, & ses eaux minérales.

L'autre espece de poudre est faite d'une terre qui se trouve assez près du bas Rhin en Allemagne & aux environs de Cologne, on la cuit comme le Plâtre, ensuite on l'écrase avec des meules à Moulin pour la réduire en poudre, elle est si commune aux Pays-Bas, qu'elle en a retenu le nom, la nommant *Terrasse de Hollande*, elle est de couleur grise, & lorsqu'elle est pure & qu'elle n'est point falsifiée, ce qui est assez rare, elle est excellente dans les Ouvrages qui sont baignez des eaux, & résiste également à l'injure des saisons différentes, l'humidité & la sécheresse ne pouvant l'altérer, elle retient les Pierres & les autres matériaux ensemble avec une force & une fermeté inébranlable, ce qui fait qu'on l'employe en France & aux Pays-Bas dans la construction des Ouvrages aquatiques, par la difficulté d'avoir de la Pozzolane à juste prix: la Cendrée de Tournay est aussi merveilleuse, comme nous le ferons voir au Chap. suivant.

On se sert encore, au lieu de sable, de certaine poudre artificielle d'un très-bon usage pour les Bâtimens, on fait piler des fragemens de pots & autres vases de Grais & des morceaux de *machefer*, provenans du Carbon de Terre brûlé dans les Forges, lesquels étant réduits en poudre, on y mêle une pareille quantité de Ciment de Pierre de meule de Moulin & de Chaux, dont on compose un mortier excellent qui résiste parfaitement à l'eau si les Ouvrages où on l'employe en sont baignez, comme sont les Ecluses, Ponts, Citernes, Réservoirs, &c. On fait aussi un amas de Cailloux qui se trouvent dans les Campagnes, ou de *galets* qu'on prend sur le bord des fleuves, qu'on met au Fourneau, & après les avoir fait rougir, on les retire, puis on les fait piler & réduire en poudre, ce qui en fait une d'un aussi bon usage que la Terrasse de Hollande.

Il nous reste encore à parler du *Plâtre*, qui est une matiere qui demanderoit elle seule une grande Dissertation, si l'on vouloit entrer dans les causes physiques de ses propriétés; mais, je me trouve malgré moi dans la nécessité de passer sous silence bien des Remarques curieuses qui grossiroient cet Ouvrage assez inutilement: j'ai tant de sujets différens à traiter, que j'aprehende en voulant m'arrêter sur certains objets abondans, qu'il ne m'échape d'ailleurs d'autres vûes plus utiles à la perfection du dessein que je veux remplir.

Le Plâtre se fait d'une Pierre de couleur grisâtre qui ne se trouve que dans certains Pays, particulièrement aux environs de Paris,

Paris, on la fait cuire au feu comme la Chaux ; mais elle en est bien différente, car la Chaux ne peut être employée sans le mélange de quelque autre matière qui la soutienne & lui donne plus de corps qu'elle n'en a naturellement , au lieu que le Plâtre s'emploie tout pur, il suffit de l'abreuver avec de l'eau, & aussi-tôt on le met en œuvre, car il a cela de particulier, que s'il n'est pas employé sur le champ après l'avoir abreuvé, il se sèche & ne peut plus s'appliquer contre d'autres corps, ni recevoir les différentes impressions qu'on veut lui donner pour faire des ornemens d'Architecturè, comme sa principale qualité est de faire corps dans le moment qu'on le met en œuvre, il n'y a point de matière dont on puisse se servir plus utilement dans la construction des Bâtimens & sur laquelle on soit plus sujet à être trompé par ceux qui la débitent, tantôt le Plâtre sera mauvais pour être éventé, tantôt parce que la cuisson en aura été mal faite, ce qui arrive le plus souvent ; car comme celui, qui étoit aux extrêmités du Four, n'a pas eû un degré de chaleur suffisant pour être calciné jusqu'à un certain point, il n'y a gueres que celui du milieu, qui l'a été comme il faut, cependant quand la cuisson est faite, les Chau-fouriers le mêlent tout ensemble, & quand il est en poudre, celui des extrêmités du Four est confondu avec celui du milieu, ce dernier qui eût été excellent s'il avoit été employé à part, est altéré par le mélange qu'on en a fait, & ne vaut pas à beaucoup près ce qu'il étoit auparavant ; c'est pourquoi dans les Ouvrages de conséquence qui se font avec le Plâtre, il faudroit ne se servir que de celui qui a été dans le milieu du Four, & avoir pour cela des gens sur le lieu qui le choisissent, on en sera quitte s'il le faut à le payer davantage que celui qu'on vend dans les sacs ; je voudrois même plus, c'est que ne pouvant pas compter sur les Chau-fouriers on suivit la cuisson depuis le commencement jusqu'à la fin, pour avoir attention que les Pierres soyent bien rangées dans le Four ; en sorte que les unes ne soient pas absolument embrasées, comme sont celles qui sont près le foyer, tandis que les autres qui sont plus loin ne ressentent qu'à peine l'action du feu, qui faute de jour n'aura pû s'introduire à la ronde, d'ailleurs la bonne cuisson consiste aussi à ménager un degré de chaleur qui peu à peu déseichant l'humidité de la pierre fasse évaporer le soufre qu'elle renferme & la purge des parties de terre dont elle peut être mêlée, prenant garde que la violence de la flamme ne cause un déseichement absolu ; car comme il y a apparence que la vertu du Plâtre est causée par un sel, qui fait que ses parties s'accrochent les unes aux autres, dès que ce sel est trop déseiché, il n'y a plus de liaison,

& c'est ce que j'ai vû plusieurs fois remarquer à des Plâtriers, qui étoient étonnez de voir qu'ils ne pouvoient pas mettre en œuvre du Plâtre nouveau, dont ils croyoient être surs, parce qu'ils étoient convaincus qu'il n'y avoit aucun mélange.

Quand la cuisson a été bien faite, il est facile de le connoître, parce que pour lors le Plâtre a une certaine onctuosité & une graisse qui cole aux doigts quand on le manie, au contraire si elle a été mal faite, le Plâtre a de la rudesse & ne s'attache point comme l'autre, après cela toute bonne que puisse être cette cuisson, elle devient pour ainsi dire nulle, quand on veut employer du Plâtre qui a été gardé long-tems; car cette matiere ressemble aux liqueurs exquisés qui n'ont de faveur qu'autant qu'on a eû soin de ne pas laisser évaporer les esprits qui en font toute la bonté; si le Plâtre n'est pas bien renfermé dans des tonneaux, placez dans des lieux secs, il s'évente; c'est-à-dire, que le sel qui en fait toute la vertu s'évapore, & il ne reste qu'une espece de cendre qui étant employée ne fait plus corps, ainsi l'état le plus convenable où l'on doit prendre le Plâtre, c'est de l'employer au sortir du Four quand on est à portée d'en user de la sorte: l'on remarquera encore que toutes les saisons ne sont pas propres pour le mettre en œuvre, si l'on s'en sert en Hyver, ou à la fin de l'Automne, les Ouvrages qui en sont faits sont de peu de durée, & sujets à tomber par éclats, parce qu'alors le froid faist tout d'un coup le Plâtre, il glace l'humidité de l'eau avec laquelle il a été gâché, & l'esprit du Plâtre étant amorti il ne peut plus y avoir d'union, enfin quand on n'est point à portée de prendre toutes les mesures dont je viens de parler pour s'assurer de la bonté du Plâtre, on pourra au moins choisir le meilleur de celui qui se trouve en magasin, puisque pour le connoître il ne faut qu'en détremper un peu dans la main; celui qui se prendra le plus promptement sera à préférer à d'autre qui ne fera qu'une espece de Mortier sans consistance.

CHAPITRE CINQUIEME.

De la Composition du Mortier.

NOus avons dit en parlant de la Chaux dans le troisième Chapitre, qu'après l'avoir éteinte dans des bassins creusés en terre, il étoit à propos de la laisser reposer long-tems avant de la mêler avec

avec le sable pour faire le mortier, parce qu'en effet rien ne la rend meilleure que cette sage précaution; mais comme il n'est guere possible d'en user ainsi, à cause de l'impatience où l'on est d'exécuter un ouvrage aussi-tôt qu'il est projeté, je vais décrire la façon la plus ordinaire dont on prépare la Chaux afin de pouvoir faire du mortier incontinent après.

L'on fait un petit bassin en terre, auprès duquel on en creuse un autre plus grand & plus profond, on met dans le petit une certaine quantité de Chaux sur laquelle on jette de l'eau pour la broyer avec le rabot, & après qu'elle est devenue liquide, on la fait couler dans le grand bassin où elle se prend ensuite comme un fromage blanc, c'est delà qu'on la tire pour la mêler avec le sable. Ce mélange se fait ordinairement de deux tiers de sable sur un tiers de Chaux mesurée vive, ou de trois cinquièmes de sable, sur deux cinquièmes de Chaux, selon qu'elle foisonne plus ou moins; car quand elle est grasse & faite de bons Cailloux, on peut mettre jusqu'à trois quarts de sable sur un quart de Chaux: ce qui n'est pourtant pas ordinaire, parce qu'il est rare d'avoir de la Chaux assez grasse pour porter tant de sable: on ne doit tirer le sable qu'à mesure qu'on l'emploie, sans en faire de provision long-tems auparavant, l'expérience faisant voir que le Soleil l'altère, le déseiche, & lui ôte une certaine graisse qui en fait toute la bonté; d'un autre côté la pluie en dissoud les sels volatils, & par la suite il se change en une espece de terre qui étant mêlée avec la Chaux ne fait plus corps ni liaison dans la maçonnerie. Cependant, il est à remarquer que s'il est question de faire des enduits, il n'y a point de mal que le sable ne soit pas si gras, parce qu'autrement il se seiche fort promptement, fait gerfer le mortier, & par conséquent empêche que l'enduit ne reste poli.

Le ciment se mêle aussi avec la Chaux en plus petite ou plus grande quantité selon qu'elle foisonne plus ou moins, les doses sont les mêmes dont nous venons de parler: cependant, l'on fait assez souvent du mortier composé de moitié sable & moitié ciment, dont l'usage est très-bon pour des Ouvrages qui ne sont point de la dernière conséquence, mais qui méritent pourtant quelque attention.

Le mortier de Pozzolane se fait à peu-près comme celui de sable; il sert comme nous avons dit ailleurs pour la construction des Ouvrages que l'on fabrique dans l'eau.

Pour faire le mortier de Terrasse on choisit la meilleure Chaux non éteinte, & on en prend autant qu'on en veut employer pendant

dant une semaine, on en étend environ un pied de hauteur sur une aire ou batterie, on l'arrose pour l'éteindre, & ensuite on couvre ce lit de Chaux, d'un autre de Terrasse d'environ un pied d'épaisseur, on laisse reposer cette préparation pendant deux ou trois jours, afin de donner le tems à la Chaux de s'éteindre; après quoi les Manœuvres viennent avec des houës broüiller & mêler ensemble la Terrasse & la Chaux dont ils font un gros tas qu'on laisse reposer environ deux jours, au bout desquels on broüille de rechef une partie de cette préparation, la mouillant de tems en tems jusqu'à ce qu'on s'aperçoive que le mortier est de bonne consistance: & quand on en est là, on l'employe aussi-tôt aux Ouvrages pour lesquels il est destiné; mais on prendra garde de ne donner cette dernière façon au mortier que la veille du jour qu'on se propose de l'employer; c'est-à-dire de n'en broüiller qu'autant qu'on aura besoin ce jour-là, observant la même chose pour les jours suivans tant qu'il y aura de cette composition dans le tas. Dans plusieurs Provinces on prépare le mortier ordinaire de la même façon qu'on vient de voir pour la Terrasse; cette pratique n'est pas mauvaise, & on ne peut que s'en bien trouver.

Outre la Terrasse de Hollande, on se sert encore en Flandres d'une poudre qu'on nomme communément Cendrée de Tournay, qui s'employe fort utilement pour la composition du mortier des Ouvrages qui se font dans l'eau: comme personne (à ce que je croi) n'en a bien expliqué les propriétés, & la manière de l'employer, je vais rapporter en peu de mots ce que j'en sçai.

Les environs de Tournay fournissent une Pierre bleuë très-dure, & qui fait une Chaux excellente; quand cette Pierre est dans le Four, il s'en détache des petites parcelles qui tombent sous la grille du Fourneau où elles se mêlent avec la cendre du Charbon de terre, & comme cette cendre n'est autre chose que des petites parties de la houille calcinée, c'est le mélange qui s'en fait qui compose la Cendrée de Tournay qui se débite par les Marchands telle qu'on la tire des Fourneaux.

L'expérience faisant voir que la Pierre dure fait toujours de bonne Chaux & un mortier excellent pour les Ouvrages aquatiques, quand elle est mêlée avec de la poudre provenante du Charbon ou mâche-fer qu'on tire des Forges, comme je l'ay expliqué dans le quatrième Chapitre: il n'est pas étonnant que la Cendrée de Tournay soit merveilleuse pour le même usage, puisqu'elle participe à la fois des qualités de ces deux matières; car je ne doute pas que les petites parties de Charbon qui se trouvent mêlées avec la Cendrée

drée ne contribuent beaucoup à lui donner la propriété de se durcir dans l'eau comme on le verra plus bas; ainsi, sans m'arrêter à des Dissertations Physiques, je passe à la maniere de s'en servir.

La premiere attention, que l'on doit avoir avant de la préparer, est de bien balayer le terrain sur lequel on la doit jetter, on l'éteint ensuite dans une espece de bassin avec une quantité d'eau suffisante seulement pour la bien fondre & démêler, après quoi on la passe avec une claye faite de fil d'archal qu'on met au-dessus d'une batterie faite exprès, pavée de pierres plates & unies, & construite de même par les côtés: tout ce qui ne passe pas au travers de la claye est rebuté; on bat ce qui est dans cette batterie à plusieurs reprises pendant dix ou douze jours consecutifs avec une dame du poids de 30 livres ferrée par le dessous, jusqu'à ce qu'enfin elle compose une pâte bien grasse & bien fine, on l'emploie sur le champ, sinon elle peut se conserver plusieurs mois de suite sans rien perdre de sa qualité, pourvu que l'on aye soin de la couvrir; car le soleil, la poussiere, & la pluye la gâtent; il faut avoir attention, quand on la rebat pour s'en servir, de n'y mêler que très-peu d'eau & même point du tout s'il se peut; car à force de braselle devient grasse & liquide sans qu'on soit obligé de l'humecter de nouveau: ainsi c'est ordinairement la paresse des ouvriers, & non pas la necessité, qui les engagent à y mettre beaucoup d'eau pour la rebattre, ce qui la dégraisseroit peu à peu & diminueroit sa bonté si on n'y prenoit garde.

Il y en a qui pour la préparer se servent de deux bassins, l'un plus élevé que l'autre, tous deux bien pavés & disposés; ensorte que ce qui est dans l'un puisse couler dans l'autre par une petite grille que l'on a soin de masquer quand on éteint & démêle la cendrée, dès qu'on juge qu'elle l'est suffisamment, on débouche la grille, tout ce qui ne peut pas passer au travers est rebuté, & ce qui coule dans l'autre bassin est destiné à être rebatu comme on vient de le dire.

On se sert de cette cendrée pour la Maçonnerie des Ecluses, Ponts, Acqueducs, Battard'eaux, &c. & generalement dans les Maçonneries ordinaires pour aiséoir les Grais & les rejointoyer; ce qui se doit faire depuis le mois d'Avril jusqu'à la fin de Juillet, parce qu'employé dans ce tems-là il n'éclate jamais, ce qui est une propriété remarquable de la Cendrée; car la plupart des cimens sont sujets à gerfer; la Chaux de Boulogne par exemple, qui est excellente quand elle est employée dans l'eau ne vaut rien à sec.

On la mêle quelquefois pour plus de précaution avec un sixième de Thuilleau passé au tamis, & je crois que si on la mêloit avec de la Terrasse de Hollande, on pourroit s'en servir avec un succès

C

mer-

merveilleux dans la construction des citernes ; car je ne doute pas que ces deux matieres ensemble ne composent le plus excellent ciment qu'il soit possible d'imaginer.

Dans les Pays où la bonne Chaux est rare, l'on en met quelque fois en œuvre de deux especes sur les grands ateliers, l'une faite de bonnes pierres dures & l'autre de pierres communes ; la premiere comme la meilleure s'employe pour faire ce qu'on appelle le bon mortier dont on se sert pour les ouvrages qui méritent attention, & l'autre pour faire celui qu'on nomme mortier blanc, qui, n'étant pas d'une trop bonne qualité, ne s'employe qu'aux fondations & dans le massif des gros murs ; on fait encore un mortier que l'on appelle bâtard, parce qu'il est composé à la fois de bonne & mauvaise Chaux dont on se sert aussi pour les murs d'une épaisseur considerable ; mais il faut prendre garde de ne point en employer dans les ouvrages qui sont baignés des eaux.

On peut se servir indifferemment de toute sorte d'eau pour éteindre la chaux, excepté celle des Marais & les autres bourbeuses & qui croupissent ; c'est pourquoi on ne doit point permettre aux Maçons d'employer celles qui courent dans les ruës & qu'ils rassemblent par le moyen d'une petite digue, parce qu'étant chargées d'ordures, elles ne peuvent faire que du mauvais mortier. Autrefois on ne vouloit point se servir d'eau de la mer, parce qu'on croïoit qu'à cause qu'elle est salée le mortier ne séchoit qu'avec peine ; mais l'on prétend aujourd'hui que c'est une erreur, & qu'elle est aussi bonne & même meilleure que celle de Riviere ; mais c'est ce que je ne deciderai pas n'en ayant point fait d'experience : je sçai seulement qu'on s'en est servi dans des endroits où elle a fait du mortier excellent, & dont on s'est parfaitement bien trouvé ; & que dans d'autres Provinces au contraire le mortier qui en étoit abreuvé avoit toutes les peines du monde à sécher. Ce qui me fait croire que quand la Chaux est forte & grasse, on peut se servir de l'eau de la mer ; mais que si elle est d'une mauvaise qualité, cette eau la rend encore plus foible : car c'est un principe de chimie que de deux sels differens mis ensemble, il y en a toujours un qui convertit l'autre en sa substance, ainsi il y a aparence que quand les sels de la Chaux sont abondants, ils attirent ceux que contient l'eau de la mer, & les dispose à concourir à la coagulation du mortier ; mais si les sels de la Chaux sont en petite quantité, le sel marin domine & fait un effet tout oposé.

Quand la Chaux est éteinte depuis quelque tems & qu'on la mêle avec le sable, il faut, pour en faire de bon mortier, mettre le moins d'eau

d'eau qu'on pourra; car à force de la corroyer avec des rabots il devient liquide & sèche plus promptement que si il avoit été abreuvé davantage; cependant, il faut faire attention que si le mortier doit être employé avec des pierres qui s'imbibent aisément, il faut le faire plus liquide que quand on s'en sert pour joindre des pierres fort dures.

Il y en a qui pour faire prendre le mortier plus promptement mêlent de l'urine avec l'eau dont on se sert pour le corroyer; mais ce que je fais par expérience, c'est que si l'on fait dissoudre du sel Armoniac dans l'eau de Riviere, & qu'on se serve ensuite de cette eau pour corroyer de la Chaux qui auroit été faite avec de bons cailloux, elle compose avec le sable un mortier qui prend aussi promptement que le plâtre, ce qui peut être d'un excellent usage dans les pays où cette matiere est rare; j'ajouterais que si au lieu de sable on se servoit de la pierre pulvérisée, & qui fut de la même dont on a fait la Chaux, le mortier qui en seroit composé seroit incomparablement meilleur quand on voudroit s'en servir au lieu de plâtre.

L'on fait que la principale qualité du mortier est d'unir les pierres les unes aux autres, & de se durcir quelque tems après avoir été employé, pour ne faire plus qu'un même corps avec les autres matériaux. Comme c'est la Chaux qui contribue le plus à cet effet singulier, on demande pourquoi la pierre, ayant perdu dans le Four à Chaux sa dureté, la reprend par le moyen de l'eau & du sable? Comme ceci nous offre une Dissertation assez curieuse, je vais faire en sorte d'en donner la raison.

L'opinion des Chimistes est, que la dureté des corps vient des sels qui s'y trouvent répandus qui servent à lier leurs parties, de sorte que selon leur système la destruction qui arrive par la suite des tems aux corps les plus durs se fait par la perte de leur sel qui s'évapore insensiblement par la transpiration, & que si par quelque moyen on rend à un corps les sels qu'il a perdu, il reprend sa première dureté par la réunion qui se fait de ses parties. Comme il y a mille expériences qui favorisent cette hypothèse, je ne ferai nulle difficulté de la recevoir avec le plus grand nombre des Philosophes.

Quand la pierre est brûlée par la violence du feu, il se fait une évacuation de la plus grande partie de ses sels volatils & sulfurés qui servoient de liens à ses parties, ce qui fait qu'elle devient poreuse & branchue: or comme voilà l'état où se trouve la Chaux en sortant du Four, voyons présentement ce qui peut lui rendre la dureté qu'elle avoit avant d'être calcinée.

Quand la Chaux est détrempée à propos, & qu'on la mêle avec

le sable, il se fait une fermentation causée par les parties sulfurées qui sont restées dans la Chaux, & qui font sortir du sable une quantité de sels qui se mêlant avec la Chaux en remplissent les pores; (car le sable est plein de sel volatil ainsi que les autres corps) & ce sont ces mêmes sels qui se trouvent en plus grande abondance dans de certains sables plutôt qu'en d'autres qui font la différence de leur bonne ou mauvaise qualité: delà vient, que plus on broye la Chaux & le sable, & plus le mortier est bon & durcit davantage quand il est employé; parce que le froissement réitéré fait sortir du sable une plus grande quantité de sel; c'est aussi pour cette raison que le mortier, mis en œuvre tout chaud, n'est pas si bon qu'au bout de quelques jours, parce qu'il faut un certain tems pour que les sels volatils puissent passer du sable dans les pores de la Chaux afin qu'il se fasse une union intime de ces deux matieres; cependant il est à remarquer (comme l'expérience le fait voir) que quand on laisse le mortier long-tems sans l'employer, il se dessèche, & ne fait plus de liaison quoiqu'on y mette de l'eau, parce que les sels se sont évaporés, desorte qu'il ne reste plus qu'une matiere sèche, maigre & sans onctuosité; ce qui n'arrive pas quand il est employé à propos, car alors il fait sortir des pierres une grande quantité de sel qui passe dans les pores de la Chaux, pendant qu'elle même s'insinue dans ceux de la pierre: car quoiqu'il semble en se servant du mortier qu'il n'ait plus de chaleur, la fermentation entretenue par les parties sulfurées de la Chaux subsiste encore très long-tems après que la Maçonnerie est formée; ce qui se remarque bien sensiblement par la dureté que le mortier acquiert de jour en jour & qui ne cesse de croître avec le tems par les nouveaux sels volatils qui passent de la pierre dans le mortier, par la transpiration que la chaleur dont je viens de parler y entretient; & c'est ce que l'on remarque dans la démolition des anciens édifices par la peine que l'on rencontre à séparer les pierres que le mortier tient uni, jusques-là même qu'on en a moins à les rompre, qu'à les séparer, sur tout quand ce sont des pierres un peu spongieuses dans lesquelles le mortier a pénétré. Je crois même avec Philbert de Lorme, qu'on pourroit rendre cette union de la pierre & du mortier presque indissoluble, si l'on faisoit la Chaux avec des pierres de même qualité que celles qu'on veut employer dans le Bâtiment, parce que les sels volatils qui en sortiroient se trouvant d'une figure propre à remplir les pores qui restent dans la Chaux par la perte qu'elle a fait de siens, le mortier & la pierre ne feroient plus qu'un même corps.

Selon ce raisonnement on voit que les petites parties de Charbon de

de Terre, qui se trouvent mêlées avec de la Cendrée de Tournay, doivent faire un merveilleux effet, quand cette Cendrée est battue avec un peu d'eau; car comme ce Charbon est rempli de parties sulfurées & de sel volatil, il se fait un passage de ce sel dans les pores de la pierre calcinée, ce qui/ensuite forme une pâte grasse & onctueuse dans laquelle il s'entretient une fermentation qui fait sortir de la pierre qui est employée avec la Cendrée, des nouveaux sels qui lient & retiennent ensemble la Maçonnerie.

On croit communément que la Chaux a la vertu de brûler certains corps, parce qu'elle en occasionne la destruction; mais, il ne faut pas penser que ce soit la chaleur qui produise effectivement cette destruction: cela vient de ce que la Chaux faisant transpirer les sels qui faisoient les liens de leurs parties, dès que ces sels sont évaporés, ou que la Chaux s'en est revêtue, les parties de ces corps, n'étant plus entretenues comme auparavant, se desunissent.

Comme il n'y a point de doute que ce ne soit la grande abondance des sels que contiennent certaines pierres qui les rend plus propres à faire de bonne Chaux, que les autres qui en sont beaucoup moins chargées, cette connoissance fournit un moyen de faire de la Chaux excellente dans les Pays même où elle a coutume d'être mauvaise comme je vais l'insinuer.

Il faut avoir deux grands bassins, l'un plus élevé que l'autre, & tous deux bien pavés & les bords revêtus de Maçonnerie, on remplit de Chaux le bassin supérieur, & on l'éteint pour la faire couler dans l'autre, & quand tout y est passé il faut jeter dessus à peu-près autant d'eau qu'on en a employée pour l'éteindre, ensuite la bien broyer avec le rabot, & la laisser reposer pendant 24 heures: comme elle aura eû le tems de se rasséoir, on la trouvera couverte d'une quantité d'eau de couleur verdâtre, parce qu'elle comprendra presque tous les sels dont la Chaux étoit remplie; il faut prendre toute cette eau & la verser dans un tonneau, & ôter du même bassin la Chaux qui s'y trouve qu'on peut regarder alors comme une matiere qui n'est propre à rien: on met de la nouvelle Chaux dans le bassin supérieur, & au lieu de l'éteindre avec de l'eau ordinaire, on se sert de celle qu'on a mis dans le tonneau, & on fait couler comme en premier lieu cette Chaux dans l'autre bassin; ce qui fait que comme elle comprend deux fois plus de sel qu'elle n'en avoit naturellement, elle est incomparablement meilleure qu'elle n'eût été sans cette préparation. S'il s'agissoit de quelque ouvrage de conséquence fabriqué dans l'eau, on pourra, afin de rendre la Chaux encore meilleure, faire à l'égard de cette seconde, ce que l'on a fait

pour la premiere ; c'est-à-dire que l'on jettera encore dans le second bassin autant d'eau qu'on en aura tirée d'abord, & que l'on broyera la Chaux tout de nouveau pour en faire fortir les sels, de sorte que l'ayant encore laissée rasséoir pendant 24 heures, on se servira de l'eau dont elle sera submergée pour éteindre la nouvelle Chaux vive qu'on mettra dans le premier bassin ; quant à celle qui sera restée dans le second, on pourra l'employer aux gros ouvrages où l'on n'y prend pas garde de si près, car elle ne sera pas absolument si destituée de sel qu'elle ne puisse encore servir. Je connois d'habiles gens qui ont pratiqué plusieurs fois ce que je viens de dire, & qui s'en sont bien trouvés ; ils m'ont assuré avoir fait par ce moyen de meilleure Chaux que celle de Boulogne avec la matiere du monde la plus ingrate : il est vrai qu'il en coûtera beaucoup plus ; mais l'économie ne doit point prévaloir sur les moyens de faire les choses le mieux qu'il est possible, quand il s'agit de certains ouvrages qui demandent absolument d'être travaillés avec précaution : par exemple, dans les places où la Chaux est fort mauvaise, & où l'on remarque que les murs de paremens des ouvrages se dégradent au bout de quelques années, parce que le mortier n'a pas assez de corps pour résister à l'injure des saisons, l'on pourroit en fabriquer de deux sortes ; l'un suivant les précautions que je viens de dire servira à la construction de tout ce qui est exposé à l'air ; & l'autre fait comme à l'ordinaire pourra être employé dans le reste de l'épaisseur des murs, & aux contreforts. Car enfin la nécessité doit rendre ingénieux. Est-il, dit qu'à cause qu'on est dans un endroit où les matériaux sont mauvais, qu'on ne puisse faire de bonne Maçonnerie ? Je suis persuadé que quand on voudra s'en donner la peine on trouvera mille moyens de corriger la nature par le secours de l'art.

CHAPITRE SIXIEME.

Des détails qui ont rapport à la Construction de la Maçonnerie.

Après avoir enseigné dans les Chapitres précédens le choix que l'on devoit faire des matériaux en general, je vais faire voir dans celui-ci les details dans lesquels il faut entrer pour juger du prix des Ouvrages afin d'en passer le marché aux Entrepreneurs, nous ne parlerons d'abord que de ce qui peut appartenir à la Maçonnerie,

nerie, nous réservant de faire mention des autres détails aux endroits qui leur conviendront le mieux, pour ne point embrasser trop d'objets à la fois, nous ne dirons rien non plus des prix, parce qu'ils dépendent des tems & des lieux selon que les matériaux sont rares ou communs, près ou éloignés : circonstances dont il sera aisé de s'instruire dans l'occasion, ainsi je m'attacherai plutôt à insinuer l'esprit du détail, qu'à donner des exemples ennuyeux qui ne seroient pas d'une grande instruction.

Il faut, avant toute chose, prendre connoissance des differens terrains que la place doit occuper & des matériaux qui sont à l'usage du Pays : s'informer des Carrieres de Chaux, de Moïlon, & de Pierre de Taille qui sont le plus à portée, de même que des lieux d'où l'on pourra tirer le sable, les terres propres à faire les Briques & les Thuiles, les bois de Charpente, & tout ce qu'on prévoira devoir entrer dans la construction : on visitera le tout soigneusement, pour faire de justes observations sur leur qualité & leur éloignement.

L'examen des differens terrains que la place doit occuper fera connoître à peu-près quelle sera leur nature, si le fond sera bon ou douteux, s'il faudra piloter ou non, s'il y aura des épuisemens d'eau à faire, & plusieurs autres circonstances qui augmentent souvent ou diminuent les prix des ouvrages ; je fais que le jugement qu'on peut porter sur la nature du fond est sujet à erreur, & qu'il n'est pas aisé de répondre de la qualité d'un terrain qui n'est pas fouillé & qu'on ne voit point ; cependant, avec un peu d'expérience, on en peut juger d'abord assez sainement par le coup d'œil & par la situation du lieu : ainsi, pour les parties qui se trouveront à faire sur le Roc, ou qu'on présuamera devoir y être fondées, on remarquera à peu-près quel déblais de terre ou de rocaïlle il faudra faire pour parvenir au fond solide, qu'elle est la nature du Roc, si les pierres des excavations pourront servir au corps de la Maçonnerie, ou si elles seront propres à être employées au parement, méthode cependant qui n'est pas des meilleures, comme on l'a expérimenté dans plusieurs places, à moins qu'on ne leur donne le tems de se ressuier, & de faire connoître leur bonne ou mauvaise qualité : avant que de les employer pour les endroits vaseux ou marécageux, on connoîtra par différentes sondes les précautions qu'il faudra prendre pour les fondemens, pour le pilotage, & la mesure des bois.

On remarquera aussi s'il y a moyen de faciliter le transport des matériaux par quelque rivière ou par un nouveau canal, & s'il y aura de la difficulté à se fournir des eaux nécessaires pour la composition des mortiers comme il arrive souvent dans les lieux élevés, enfin

enfin on examinera toute chose avec attention, & on fera sur chacune les observations qui seront nécessaires pour avoir d'avance une idée de tout ce qui pourra entrer dans la Construction de la place.

Pour peu qu'on aura fait travailler dans un Pays on n'aura pas grande difficulté à savoir à combien pourra revenir la toise cube de Maçonnerie, j'entends celle qui sert aux revêtemens des Fortifications, parce qu'il n'y a qu'à s'informer des prix les plus ordinaires de la Chaux, du Sable, de la Brique, & des différentes sortes de pierres qu'il faudra employer, le tout rendu sur l'atelier, & ce qu'il en coûtera pour les préparer & les mettre en œuvre : ou bien quand un Ingenieur va dans une Place où il n'a pas encore servi, il lui sera aisé d'avoir ces sortes d'instructions par ceux qui y sont depuis long-tems ; mais si l'on étoit privé de ces connoissances, & qu'il fallut travailler dans un endroit où l'on ne seroit prévenu de rien, alors il faudroit regarder les choses de plus près, afin d'en juger soi-même pour ne point s'en rapporter aux Entrepreneurs & à ceux qui ont intérêt que les Ingenieurs n'entrent que légèrement dans quantité de petits détails, qui paroissent d'abord ne pas mériter la peine d'être recherchés, mais qui deviennent par la suite d'une grande conséquence, sur-tout quand il s'agit de bâtir une Place neuve, puisque sans une extrême économie on fait de grandes dépenses superflues ; or, pour ne point tomber dans un pareil inconvenient, voici en peu de mots à quoi on pourra avoir égard.

Pour commencer par le transport des matériaux, on saura qu'il se règle ordinairement sur la quantité qu'une Voiture en peut porter & des voyages qu'elle peut faire en un jour. C'est pourquoi il faut être prévenu qu'une Voiture attelée de trois chevaux porte environ 1500 livres ; ainsi dès qu'on saura à quelle distance elle est obligée d'aller chercher les matériaux, leurs poids, & ce qu'il en coûtera pour leur charge, on pourra, en fixant ce qu'elle doit gagner par jour, savoir à quoi reviendra le transport de la toise cube, ou le quintal de chaque espece de matériaux : cependant, il vaut beaucoup mieux ne point s'embarasser de tous les petits détails dont cet article est susceptible, & laisser à la charge de l'Entrepreneur le transport des matériaux ; l'expérience ayant fait voir en plusieurs endroits, qu'il en coûtoit la moitié moins que de le faire par économie, les Entrepreneurs ayant à leur disposition quantité de choses qui coûteroient beaucoup plus si tout autre qu'eux s'en mêloit.

Quand il y a quelque Riviere portant Bateaux dans l'endroit où l'on veut bâtir, les matériaux se transportent avec bien plus de facilité

cilité & moins de dépenses: il arrive même quelquefois, quand le terrain le permet, qu'on fait faire un canal exprès pour le transport des matériaux, comme on l'a pratiqué à la construction du neuf Brifack; & alors la dépense du Canal est répandue généralement sur le prix que coûtera la Maçonnerie en y comprenant les autres frais de la Navigation, aussi-bien que la charge & décharge des matériaux.

Si on étoit dans le cas de se servir d'une Riviere ou d'un Canal pour le transport, il faudroit savoir la charge que les Batteaux pourront porter selon leur grandeur & leur figure; & pour avoir quelque connoissance exacte sur ce sujet, je conseille le Lecteur de voir ce que j'en ay dit dans la dixième partie de mon Cours de Mathématique.

Puisqu'on est obligé de régler la charge des Voitures selon la pesanteur des matieres qu'elles ont à transporter, j'ai crû qu'il étoit à propos de donner ici une Table qui marquât en pieds cubes le poids des principales.

T A B L E
DE LA PESANTEUR D'UN PIED CUBE
de plusieurs Matieres.

Fer.	580 liv.	Ardoise.	156 liv.
Cuivre jaune. . . .	548	Plâtre.	86
Cuivre rouge. . . .	648	Pierre de Saint Leu. .	115
Plomb.	828	Pierre de Liais. . . .	166
Sable de Terre. . . .	120	Pierre bleue de Tours.	125
Sable fort.	124	Marbres.	252
Sable de Riviere. . .	132	Chaux vive.	59
Argile.	135	Bois d'ozier.	38
Terre grasse.	115	Bois d'Aulne.	37 $\frac{1}{12}$
Terre extraordinaire. .	95	Bois de Chêne vert. .	80
Mortier.	120	Bois de Chêne sec. . .	60
Brique.	130	Eau de Mer.	73 $\frac{1}{2}$
Thuilles.	127	Eau Douce.	70
		D	Tou.

Toutes ces différentes matieres peuvent pèser un peu plus ou moins qu'on ne l'a marqué ici, selon le Pays où on les trouve ; mais on s'est conformé à la pèsanteur qui leur est la plus ordinaire.

Je crois en avoir assez dit sur ce qui regarde le transport des matériaux ; c'est pourquoi je passe à leur détail, en commençant par celui de la Chaux & du Sable.

Détail de la Chaux & du Sable.

On suppose que, par epreuve faite, une toise cube de Pierre produit dix milliers de Chaux ; & comme on met ordinairement huit toises pour la charge d'un four, qui doivent par conséquent produire 80 milliers, il sera aisé de juger ce qu'ils pourront coûter rendus sur l'atelier, en faisant l'estimation du tirage de la Pierre, de la Voiture au Four, de son arrangement dans le même Four, & la voiturier à l'endroit où on veut la mettre en œuvre.

A l'égard de la quantité de Chaux qui peut entrer dans une toise cube de Maçonnerie tels qu'aux revêtemens des Fortifications, il est assez difficile de la déterminer, parce qu'elle dépend de la bonne ou mauvaise qualité, aussi-bien que celle du Sable avec lequel elle est mêlée ; mais, communement, il en entre douze quintaux.

On pourra de même juger du prix de la toise cube de Sable, en faisant l'estimation de ce qu'il en coûtera pour le tirage & le transport jusqu'au pied d'œuvre, surquoi il est à remarquer qu'une certaine mesure de Sable pèse à peu près le double d'une pareille mesure de Chaux, ce qui doit par conséquent doubler le prix de la Voiture.

Il entre dans une toise cube de Maçonnerie environ 30 pieds cube de Sable.

Détail de la Brique.

Pour savoir le prix du millier de Brique rendu sur l'atelier, il faudra faire l'estimation de ce qu'il en coûtera pour tirer la terre, la corroyer, la mouler, la porter sur les banquettes, l'arranger & couvrir de paillassons, pour la faire sécher & la rouler au Four : j'oublie de dire qu'il faut aussi avoir égard au Sable que l'on étend sur les plates-formes ; ce Sable doit être des meilleurs : il en faut au moins 100 Barreaux pour une Briqueterie de 450 mille, l'on verra ensuite ce qu'il en coûtera pour la cuire, la défourner, & la voiturier jusqu'au pied d'œuvre, l'on prétend que le bois est meilleur pour cuire la Brique que le Charbon de Terre, parce qu'ici il faut un feu clair qui puisse pénétrer de toute part ; mais en récompense le

Char-

Charbon de Terre est excellent pour les Fours à Chaux, comme je l'ai déjà dit ailleurs.

Dans une toise cube de Maçonnerie de Brique il entre quatre mille six cent Briques de 8 pouces de longueur, 4 de largeur, & de 2 d'épaisseur, & 520 dans la toise quarrée qui auroit une Brique d'épaisseur, c'est-à-dire 8 pouces; ainsi l'on voit que le mortier occupe à peu-près un cinquième de la toise cube.

Une Voiture attelée de trois Chevaux porte 400 Briques, qui pèsent un peu plus de 1500 livres; car, quand une Brique est faite de bonne Terre & bien cuite, elle pèse environ quatre livres, en lui suposant les dimensions dont j'ai parlé plus haut.

Détail du Moïlon.

Pour savoir le prix de la toise cube de Moïlon, il faut avoir égard à ce qu'il en coûtera pour le déblais nécessaire à sa découverte, pour le tirer de la Carrière, pour la charge & décharge, pour la Voiture & la main d'œuvre.

Quand le Moïlon doit être façonné, pour être mis en œuvre, il faudra voir ce qu'il en coûtera par toise cube, pour le picquage & ajoutage, indépendamment des autres circonstances dont nous venons de faire mention, de même l'on pourra estimer la toise courante de Pierre de Taille en la suposant, par exemple, d'un pied de hauteur sur 15 de lit ou environ.

Quand la Maçonnerie est composée de Briques & de Moïlon comme celle des revêtemens des Fortifications, le Mortier occupe à peu-près un sixième de la toise cube; car le Moïlon laissant moins de vuide que la Brique, il faut moins de mortier que si la Maçonnerie étoit toute de Brique.

Ayant trouvé à l'aide des calculs précédens le prix de chaque chose en particulier, il n'y aura point de difficulté à savoir la dépense de la toise cube de Maçonnerie, dès qu'on saura combien il doit y entrer de chaque espèce de Matériaux, ce qui sera aisé en faisant dans les différens Pays où l'on se trouve une analyse exacte des profils les plus approuvés & les mieux dirigés.

L'on voit ensuite ce qu'il en pourra coûter pour chaque toise cube pour le Canal, si on est obligé d'en faire un: on a égard aussi aux faux frais auxquels les Entrepreneurs pourront être engagés pour les épuisemens des eaux s'il s'en rencontre, & à plusieurs autres particularités qui doivent entrer dans la même estimation, & moyennant tous ces détails, on pourra savoir avant l'exécution des ou-

vrages si les propositions des Entrepreneurs sont justes ou non , & à quoi l'on peut s'en tenir ; même après que les projets sont executés ce qu'ils ont perdu ou gagné , & quel dédommagement le Roy peut leur accorder s'ils avoient fait un mauvais marché , ou s'il s'étoit présenté dans la suite du travail quelque difficulté qu'on n'auroit pu prévoir , comme cela arrive assés souvent.

Le tems qu'on employe pour la construction de la Maçonnerie est encore une connoissance necessaire , si l'on veut se mettre en état d'exécuter les ouvrages dans le tems prescrit , & répondre aux intentions de la Cour : pour cela , il faut savoir ce que chaque ouvrier peut faire par jour.

Dans un mur épais de 10. à 12 pieds , un bon Maçon peut faire deux tiers de toise cube de Maçonnerie par jour , si le parement est brut ; & environ une demi toise seulement , s'il est façonné : mais pour que cette règle ait lieu , il faut que l'ouvrier soit des meilleurs , & qu'il ne perde pas un moment de tems ; ainsi l'on peut réduire le travail à cinq huitièmes dans le parement brut , & à trois huitièmes dans le parement façonné ; chaque Maçon doit avoir deux Manœuvres pour le servir , quand les matériaux sont éloignés de 15 à 20 toises de l'ouvrage.

Dans un mur de deux pieds d'épaisseur , le même Maçon peut faire aisément une toise quarrée par jour , en s'assujettissant aux échaffaudages.

Pour dire aussi quelque chose sur la maniere judicieuse avec laquelle un Ingenieur doit agir au sujet des particuliers , dont les terres sont comprises dans l'étendue des ouvrages d'une Place neuve : voici ce qui m'a paru de plus raisonnable.

Pour les Particuliers dont les héritages doivent être occupés par les Fortifications , on ne peut avoir trop d'attention pour leur rendre la justice qui leur est dûe , & pour les dédommager en quelque façon du chagrin de perdre leurs biens ; ainsi il ne faut point agir en toute rigueur avec eux , mais bien régler l'estimation , de maniere que le Roy n'y soit point lezé , & que le Particulier n'y perde rien : pour cet effet , après avoir bien examiné & marqué tout ce qui doit être pris de ces heritages , il faut en faire un dessein distingué par des côtes qui désignent ce qui appartient à chacun , & qui soient rapportées à la marge avec le nom du Particulier ; après toutefois qu'il aura été justifié par titre ou possession suffisante que cet héritage lui appartient . On procede ensuite à l'estimation de la valeur de ces biens , ce qui se fait pardevant l'Ingenieur , le Commissaire des Guerres , & les Magistrats de la Ville ou Communauté , qui choi-

choisissent chacun de leur côté des Experts pour évaluer, sous leur serment, le prix de chaque chose, dont les Magistrats & les intéressés donnent acte : après l'estimation faite, on spécifie d'abord les Maisons, Jardins, Prés, Champs, & Vergers, chacun suivant sa juste valeur, & on en dresse un acte dans lequel sont rapportés les noms des Propriétaires, la quantité des arpens, ou journaux, & le prix auquel chaque héritage est évalué : on dresse un autre acte de la quantité des terres qui ont été ou seront rendues inutiles & mises hors de valeur par les Gazons & Briques que l'on en tirera, ou par le rasement ou comblement de telle & telle partie : on en fait encore un troisième qui contient la quantité des Terres qui étoient semencées de seigle, froment, orge, & avoine, &c. avec l'estimation de chacun de ses fruits suivant le prix de l'année courante ; le tout certifié par les Maire & Jurés du lieu, par les Experts, l'Ingenieur, & le Commissaire des Guerres : enfin, tous ces Etats étant réglés, on les envoie à l'Intendant de la Province, qui, en conséquence des ordres de la Cour, les renvoie au Trésorier de la Place, & en ordonne le paiement, que chaque Particulier signe en marge à côté de l'article qui le concerne & déclare avoir reçu en présence du Commissaire des Guerres.

CHAPITRE SEPTIEME.

Qui comprend plusieurs Instructions sur l'établissement & la conduite des Travaux.

LA conduite des grands Travaux embrasse tant de choses à la fois, qu'on peut dire qu'il n'appartient qu'aux Ingenieurs du premier ordre d'entrer dans tous les détails sans perdre de vûe les sujets essentiels du projet que l'on veut executer. C'étoit une des grandes qualités de Mr. le Maréchal de Vauban ; & on ne peut voir sans étonnement, qu'occupé sans cesse (comme il l'étoit) à tout ce qui pouvoit contribuer à la sûreté de l'Etat & au bonheur des Peuples, il ait pû descendre à l'examen d'une infinité de petits sujets qui paroissent ne pas mériter son attention : mais, les genies superieurs n'aprehendent jamais de se dégrader, leur conduite est toujours justifiée par le fruit que l'on tire de leurs réflexions, en effet on ne peut rien de plus sage & de mieux entendu que les réglemens que ce grand homme nous a laissés sur quantité de choses, parti-

culièrement sur l'ordre & l'arrangement que l'on doit suivre dans la Construction des Fortifications; & comme je me suis proposé d'en parler dans ce Chapitre, j'aurai recours à ses écrits pour répondre à l'estime que le Public fait de tout ce qui vient de lui.

Les Fortifications, dit-il, se font ordinairement par des entreprises generales ou particulieres, ou par détail ou par courvées imposées sur le Pays, & le plus souvent par un composé de toutes ces manieres ensemble.

Quand on pourra trouver des Entrepreneurs solvables, & de capacité à pouvoir embrasser une entreprise generale, on fera bien de traiter avec eux: mais il est très-rare de rencontrer des têtes assés fortes pour soutenir un fardeau aussi pésant que celui d'une entreprise generale; car la précipitation avec laquelle on fait ordinairement les ouvrages, & la durée de telles entreprises, réduisent souvent l'Entrepreneur à ne savoir plus où il en est: c'est pourquoi il vaudroit mieux s'en tenir aux entreprises particulieres, qui peuvent s'achever en peu de tems.

On doit aussi remarquer, que quand il s'agit de passer des marchés pour des ouvrages considerables, il est bon de le faire dans les formes, mais non pas de les donner à tous ceux qui se presenteront pour les prendre au moindre prix; car il faut non-seulement examiner si les Entrepreneurs ont assés de bien pour répondre des avances qu'on sera obligé de leur faire, mais encore s'ils ont assés de lumieres pour s'acquitter de l'entreprise: il faut leur accorder à des conditions raisonnables, sans pousser les mises aux rabais à plus bas prix qu'elles ne doivent être; car si l'entreprise est un peu grosse, & qu'on la donne à des pauvres gens, ou à des ignorans, ils la prendront inconsidérément à tel prix qu'on voudra, dans l'esperance de profiter de façon ou d'autre: mais outre qu'on n'y trouvera pas de sureté, quand on viendra à l'exécution, on doit s'attendre qu'ils tireront partie du profit autant qu'ils pourront, & d'un autre côté mettront tous les ouvrages en confusion; après quoi la tête leur tournant ils donneront du nez en terre, ou abandonneront tout d'eux-même si on ne les prévient: or si malheureusement cela arrive, les travaux languissent & ne s'avancent qu'avec une lenteur insupportable, tout est en confusion, les marchés n'ont plus de crédit ni de confiance, les nouveaux Entrepreneurs qu'on seroit obligé de prendre ne veulent accepter les Ouvrages qu'à un prix exorbitant, ceux qui doivent être achevés en un an à peine le peuvent être en deux, les Ouvriers étant mal payés désertent, il ne s'en presente qu'un petit nombre, tout cela occasionne des peines infinies aux Inge-

Ingenieurs, qui ne peuvent sans beaucoup de difficulté remettre les choses sur le bon pied ; d'où l'on peut conclure, qu'il n'est rien de si pernicieux que ce prétendu bon marché : ainsi, on ne peut trop desabuser ceux qui mettent toute leur application à faire des marchés au plus bas prix qu'ils peuvent, sans examiner les suites, & la possibilité de pouvoir les exécuter.

Il faut toujours éviter les détails inutiles & embarrassans, sur-tout les ouvrages à journées, à cause de la confusion & des friponneries qui s'y commettent ; car l'ouvrier qui est assuré de son gain ne se presse jamais, au lieu que celui qui ne gagne qu'autant qu'il travaille n'a besoin d'autre chassavant que son propre intérêt : il est également de conséquence d'éviter tous les ouvrages à courvées qui demandent quelque façon & de la promptitude, attendu que la diligence & le savoir ne se rencontrent jamais parmi des gens qui travaillent par force, & qui ne tâchent qu'à couler le tems ; mais quand on sera obligé de s'en servir au remuement des Terres, il leur faudra imposer la quantité qu'on leur voudra faire remuer, & la départir par communauté, moyennant quoi ils traiteront les uns avec les autres, ou ils s'accommoderont avec l'Entrepreneur pour en pouvoir venir à bout, & de quelque manière que cela se fasse, il en faudra prendre connoissance, & charitablement voir si ceux avec qui ils traiteront ne se trompent point sur le prix ou sur le mesurage & ne leur vendent trop cherement leur peines ; mais tout bien considéré cette manière de travailler ne devrait être mise en usage que pour des Charrois ou des Ouvrages fort grossiers & toujours le moins qu'on pourra.

Quand on fera le département des ouvrages aux gens employés, il faudra bien prendre garde d'appliquer chacun à celui qui lui conviendra le mieux, & sur-tout tenir pour maxime d'avoir toujours un homme fidele & intelligent dans la Maçonnerie, qui ne perde jamais de vûe la main des Maçons, car la plupart manquent extrêmement de soin dans l'arrangement des matériaux, soit par négligence, ignorance, ou friponnerie, ce qui n'arrive que trop quand ils ne sont pas éclairés de quelqu'un qui les tienne en crainte : c'est aussi pour cette raison qu'on ne doit jamais souffrir qu'ils travaillent aux heures induës, ni sans la présence de ceux à qui l'on aura commis le soin de les observer, n'y ayant rien de si pernicieux dans la conduite des travaux, que ces sortes de négligences.

Tous ceux qui ont de l'expérience dans l'art de bâtir n'oublient jamais de spécifier cette condition dans les marchés qu'ils en font, non plus que celle de ne point faire les mortiers sans la présence d'un

d'un Commis qui les fasse dozer & conditionner selon les devis; & qui prenne garde qu'on ne les employe qu'après être refroidis; ce qu'il ne faut point négliger, puisque de la main d'œuvre, & de la qualité du mortier, dépend absolument celle de la Maçonnerie.

Il faut nécessairement un certain nombre d'Inspecteurs & de Chassavants sur les ouvrages, puisque rien n'est plus important que d'avoir des Argus fideles sur la main des Ouvriers, qui observent leurs actions & les fassent diligenter; mais il faut les connoître & les bien choisir, être aussi prompt à récompenser ceux qui font bien, qu'à renvoyer ceux qui manqueront d'application & de fidélité: par exemple, j'en voudrois un pour les Maçons, un autre pour les Terrassiers, un autre pour les Voitures, un autre pour la décharge des Materiaux: s'il arrivoit que le nombre des Ouvriers de même espece fut fort grand, il faut mettre un homme pour veiller à la conduite de cent autres, n'étant guerre possible qu'il puisse en éclairer davantage, sur quoi l'on remarquera qu'il en faut beaucoup plus dans les ouvrages qui se font en détail, que sur ceux qui se font par entreprises, puisque pour ceux-ci il suffit d'en avoir à la Maçonnerie & au remuement des Terres, au lieu qu'aux autres il en faut de nécessité sur tous les differens ouvrages; car il ne faut pas penser que deux ou trois hommes puissent suffire pour conduire 1000 ou 1200 Ouvriers, qui étant divisés en je ne sçai combien d'ouvrages differens, il est comme impossible qu'il ne se commette une infinité d'abus & de négligences: si on n'y apporte une attention continuelle, il se fait beaucoup de dépenses superflues, les Ouvrages sont mal façonnés, desorte que ce qui se fait mal-à-propos excède au centuple la dépense des apointemens que l'on croit épargner en employant trois ou quatre hommes de moins qu'il n'en auroit fallu: ce n'est pas ici une exageration, & je m'assure qu'il n'y a personne, qui aye fait un peu travailler, qui ne demeure d'accord que quatre hommes bien observés font plus d'ouvrage que six autres qu'on abandonneroit à leur propre conduite.

Une précaution, la plus nécessaire de toutes celles que l'on peut prescrire pour la bonne conduite des Travaux, est de ne commencer jamais aucun Ouvrage que l'on n'aye fait auparavant les amas de materiaux & de tout ce qui est nécessaire pour une prompte execution; ces materiaux doivent être placés près des lieux où il faut les employer, prenant garde cependant qu'ils n'embarassent ni les Voitures ni les Ouvriers; rien n'est si nécessaire à la Fortification que la diligence, ni rien ne lui est si opposé que la grande précipitation

précipitation avec laquelle on les commence, le plus souvent sans avoir fait provision des matériaux dont on peut avoir besoin, ni sans être assuré de la quantité d'Ouvriers qu'on y voudra employer, d'autant que de cet empressement il arrive qu'avant qu'ils soient à moitié faits, on manque de je ne sçai combien de choses, qui causent toujours un retardement dangereux, & une augmentation de dépense considérable par les secours extraordinaires qu'on est obligé d'emprunter ailleurs, & qu'on paye quelquefois bien cher; sans compter les dommages que le Pays souffre de ce que l'on est contraint d'exiger des courvées & voitures, dans le tems même que les Paysans sont occupés à leur recolte: c'est ce qui nous fait encore répéter, qu'on ne doit jamais commencer un Ouvrage, sans avoir bien pris des mesures pour la fourniture des matériaux, & sans en avoir fait un amas si considérable, que la quantité d'Ouvriers qu'on aura résolu d'employer n'en puisse jamais manquer, ce qui doit être observé d'autant plus exactement, que rien n'est si dangereux pour une Place que la lenteur de ces Ouvrages, attendu que jusqu'à ce qu'ils aient acquis leur perfection, elle est toujours en péril & considérablement affoiblie par la propre imperfection de ceux que l'on a bâti, par l'embarras des matériaux répandus à l'entour, par l'ouverture de ses chemins couverts pour faire passer les Chariots, par le comblement des Fossés, accidens toujours inséparables des Travaux imparfaits, d'où s'ensuit que jusqu'à ce qu'une piece, telle qu'elle soit, ait acquis son entière perfection, elle est toujours contre la Place; c'est-à-dire, plutôt en état de lui nuire que de servir à sa deffense: situation malheureuse & qui devoit faire trembler ceux qui ont la conduite des Ouvrages qui sont mal en train, & qui languissent faute d'avoir pris des mesures assés justes pour les diligenter, principalement dans un tems de Guerre, où l'ennemi peut à tout moment former des entreprises; il n'y a rien de si commun dans l'histoire des Guerres passées que la perte des Places qui ont été surprises, ou que l'on a été contraint d'abandonner, avant que leurs Fortifications fussent en état de deffence.

Soit que l'on construise une Place neuve, ou qu'on en fortifie d'autres pour les mettre plus en état deffense qu'elles ne le sont, on doit toujours commencer par les chemins couverts, ensuite par les Ouvrages les plus avancés afin d'avoir au moins une barriere pour arrêter l'ennemi, cette précaution est sur-tout nécessaire quand on est obligé de bâtir de nouveau quelque enceinte, ou de démolir des dehors pour leur donner une construction plus avantageuse que celle qu'ils avoient, l'ouverture d'une Place étant toujours dan-

E

gereu-

gereuse dans la Paix même la plus profonde: l'art de fortifier est susceptible d'une infinité d'attentions qu'on ne peut négliger, sans qu'elles ne tirent à de grandes conséquences.

Une attention qu'on doit avoir & qui est essentielle, continuë Mr. le Maréchal de Vauban, est de donner les emplois suivant la nécessité des Ouvrages & la capacité d'un chacun, afin de n'y employer que des gens utiles & nécessaires, & de ne charger personne de ce qu'il ne fait pas, ni de plus qu'il ne fait faire: ce défaut, où l'on ne prend pas garde, étant ordinairement l'origine & la source de tous les desordres dans la conduite des Fortifications.

Il est très constant que ce qui nuit le plus à l'œconomie, & même à l'avancement des Ouvrages, est le renouvellement frequent que l'on fait de ceux qui en ont les principaux soins, spécialement des Ingenieurs; vû que de ce changement il arrive que personne ne s'instruit jamais à fond, & l'on y est toujours nouveau; que l'on ne connoît qu'imparfaitement la qualité des matériaux, leur prix, & la capacité des Ouvriers; que l'on ne fait, ni les moyens de faire les Voitures, ni de quelle maniere s'y prendre pour établir un bon ordre: cependant, ce sont des parties qu'il faut nécessairement savoir, & qui ne s'apprennent qu'avec du tems; de plus j'ose bien dire, & il n'est que trop certain, que quelque soin que les gens prennent à se rendre savans dans ce métier, le Souverain, aux dépens de qui on l'apprend, en paye toujours chèrement l'apprentissage. Car s'il est vrai (comme l'on n'en peut pas douter) que dans tous les commencemens des grands Ouvrages il est impossible aux plus intelligens même, quelque application qu'ils y apportent, d'empêcher que la dépense n'en excède toujours le juste prix d'un cinquième ou d'un fixième; que doit-il arriver aux Travaux de Places, où l'on change tous les ans d'Ingenieurs, & où jamais personne n'a le tems d'apprendre ce qu'il doit savoir. Certainement, il n'en peut proceder que des desseins mal executés & des redoublemens de dépenses effroyables, à quoi il n'y a d'autre remede que de bien choisir une fois pour tout les gens qu'on y voudra employer, se donner patience qu'ils s'y soient bien instruits, & les perpetuer après dans l'employ tant qu'on aura besoin d'eux & qu'ils s'y conduiront bien.

J'ai tiré ce Discours mot pour mot, d'un petit Ouvrage de Mr. de Vauban, qui a pour Titre, Le Directeur General des Fortifications.

CHA-

CHAPITRE HUITIEME.

Du Transport & Rémuement des Terres.

LA fouille des terres & leur transport font un objet si considérable dans les grands Travaux, qu'on peut dire qu'il n'y a point de partie qui demande plus d'attention & un détail plus recherché pour en bien regler le prix selon leur qualité & la distance où il faut les porter ; car, pour peu que l'estimation n'en soit pas bien entendue & les relais bien ordonnés, on tombe dans des excès de dépenses, la confusion & le désordre regnent par tout, les Travailleurs se plaignent, les Entrepreneurs murmurent, & souvent le mal devient si grand, que l'Ingenieur tout habile qu'il puisse être est fort embarrassé du parti qu'il doit prendre. Mr. le Maréchal de Vauban, pour remedier aux inconveniens dont ce sujet peut être susceptible, s'est donné la peine d'écrire une ample Instruction ; & , pour faire mieux sentir la solidité des moyens qu'il propose, il rapporte une copie d'un Reglement qui fut fait autrefois en Alsace pour le prix que les Entrepreneurs devoient payer aux Soldats employés sur les Travaux ; il fait voir les deffauts de ce Reglement, & donne les moyens les plus convenables de les corriger. Sans doute qu'il en a usé ainsi pour empêcher que ceux qui auront la conduite des Travaux ne tombent dans les mêmes deffauts. Un pareil Ecrit ne pouvant être placé plus à propos que dans un Ouvrage comme celui-ci, j'ai crû qu'on seroit bien aise d'en avoir un Extrait.

„ Les Terres communes & ordinaires seront payées à raison de
 „ douze sols la toise cube dans l'attelier ; pour les charger & pour
 „ les rouler, il sera augmenté de deux sols par toise, de dix toises
 „ en dix toises courantes de chemin dans toute la distance de leur
 „ transport, lorsque le terrain fera uni & plat ; & quand il y aura
 „ à monter soit par des rempes de terre où sur des Ponts, il leur
 „ sera payé trois sols d'augmentation de dix toises en dix toises cou-
 „ rantes, par toise cube, au lieu de deux sols dont il est parlé cy-
 „ devant : lorsque les Soldats travailleront dans les Fondations où
 „ ils seront gênés, il leur sera augmenté deux sols par toises pour la
 „ charge jusqu'à douze pieds de profondeur, & la même augmen-
 „ tation leur sera accordée de six pieds en six pieds sur toute la pro-
 „ fondeur de leur travail, de maniere qu'au-dessous de douze pieds

Copie du
 Reglement
 fait en Al-
 sace pour
 le prix que
 les Entre-
 preneurs
 doivent
 payer aux
 soldats em-
 ployés au
 transport
 & remue-
 ment des
 Terres de
 la Fortifi-
 cation des
 Places de
 Sa Majesté,

36 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

„ & jusqu'à la profondeur de six autres pieds, il leur sera payé dans
 „ l'atelier 14 f. & à dix-huit pieds de profondeur, 16 au lieu de
 „ 12 f. qui est le prix des Ouvrages communs, & ainsi d'un apro-
 „ fondissement à l'autre.

„ Et si les Soldats sont obligés de travailler dans l'eau & de se
 „ mouïller les pieds, soit dans les Fondations où aux approfondisse-
 „ mens des Fossés, outre le prix cy-dessus, il leur sera augmenté 5 f.
 „ par toise dans l'atelier, enforte qu'au lieu de 16 f. qu'il leur a été
 „ réglé pour la charge lorsqu'ils sont à 18 pieds de profondeur, il
 „ leur en sera payé 21, pendant les mois de Mars, Avril, May,
 „ Juin, Juillet, Aoust, Septembre, & Octobre; & à l'égard des au-
 „ tres mois d'hyver, l'augmentation sera de 10 f. au lieu de 5 dans
 „ l'atelier, moyennant quoi les Soldats & Ouvriers seront obligés
 „ de faire des rigolles dans leurs ateliers seulement pour l'écoule-
 „ ment des eaux aux mêmes prix & conditions cy-dessus; & quant
 „ à la dépense des moulins, elle se fera aux frais des Entrepreneurs.

„ Et comme la qualité du Roc est incertaine, le prix de l'exca-
 „ vation en sera arbitré par l'Ingenieur qui aura soin des Fortifica-
 „ tions de la Place dans laquelle il se trouvera du travail de cette
 „ nature; & à l'égard du transport du moïlon qui en proviendra,
 „ il sera seulement payé aux Soldats pour la charge 10 f. attendu
 „ qu'il se trouve tout tiré & que ce travail se peut faire sans donner
 „ aucun coup de pioche; mais l'éloignement du chemin sera payé
 „ sur le même pied que les terres & les décombres, suivant le ré-
 „ glement qui a été fait pour le transport desdites terres. Fait à Stras-
 „ bourg le 2 Juin 1688.

Deffauts
 de ce Re-
 glement:
 c'est Mr. de
 Vauban
 qui parle.

„ Le premier deffaut remarquable de ce Règlement est dans le
 „ prix de la charge que l'on taxe à 12 f. la raison est que la qualité
 „ des terres étant toujours différente entre celles de la superficie,
 „ & celles qui sont 4. 5. 6 ou 7 pieds plus bas; il s'ensuit qu'il est
 „ impossible que la règle soit bonne, parce qu'en terres molles ou
 „ de prairie où l'on peut charger de la premiere main, un homme
 „ pourra suffire au chargeage d'une file de relais, ou dans d'autres
 „ deux, même trois, ne le pourront pas: cependant, le prix de la
 „ toise étant égal à l'un comme à l'autre, il s'ensuit qu'il y a lésion
 „ de la part du Roy, quand, le terrain étant bon, il n'y a qu'un ou
 „ deux hommes à charger; & de la part des Soldats, quand, le ter-
 „ rain étant mauvais, il y en a plusieurs.

„ Il n'en est pas de même, si le prix de la charge est fixé à 12 f.
 „ par toise, & qu'un homme de moyenne force puisse lever deux
 „ toises cubes de terre en un jour. L'expérience nous apprend que
 „ cela

„ cela se peut dans tous les terrains marécageux & de prairie où l'on
 „ peut charger au louchet de la première main, sans avoir besoin
 „ de la pioche, cet homme seul, dis-je, gagnera 24 f. ; si au lieu d'un
 „ on est obligé d'y en mettre deux, ils n'en gagneront que 12 ; s'il
 „ en faut trois, ils n'en gagneront que 8 ; si quatre, que six : & ainsi
 „ à proportion que le nombre des chargeurs augmentera, le prix
 „ de leurs journées diminuera.

„ De cette manière il résulte, premièrement, que quand il n'y a
 „ eu qu'un ou deux hommes à charger, le Roy est lésé, parce que
 „ les journées sont trop chères ; quand il y en a trois, le Soldat gagne
 „ une journée raisonnable ; mais quand il y en a plus, la perte tom-
 „ be sur lui ; & si on ne peut pas dire que les relais les tirent d'affai-
 „ res ; car nous ferons voir que le même défaut s'y rencontre.

„ Secondement, que l'augmentation de 2 f. par toise dans les
 „ Fondations gênées jusqu'à 12 pieds de profondeur, n'est pas tou-
 „ jours juste par tous les endroits où cela se trouve, ni l'augmenta-
 „ tion si bien appliquée qu'on n'y puisse trouver sujet de lésion, non
 „ plus que celle qui accorde le même prix depuis 12 pieds de pro-
 „ fondeur jusqu'à 18, & autres 2 f. depuis 18 jusqu'à 24, & ainsi
 „ de suite de 6 pieds en 6 pieds jusqu'à parfaite profondeur en l'une
 „ & en l'autre ; on ne remédie pas avec assez de distinction au dé-
 „ faut de la charge qui peut être plus ou moins difficile que ne porte
 „ l'augmentation de ce prix.

„ Troisièmement, que l'augmentation du prix pour ceux qui doi-
 „ vent travailler dans l'eau n'est pas moins défectueuse, attendu
 „ que si elle est plus ou moins abondante & inégale, il est impossi-
 „ ble qu'un prix toujours égal leur puisse convenir, de manière
 „ qu'il n'y ait lésion de part & d'autre : je dis la même chose de ce
 „ qui suit, sans que le plus ou moins de profondeur fasse rien à cet
 „ égard, parce qu'il ne s'agit pas d'épuisement, mais seulement de
 „ la charge.

„ Quatrièmement, que le Règlement des relais n'est pas moins dé-
 „ fectueux, en ce que plus il y en a, moins l'Ouvrier gagne : par
 „ exemple, si la charge est payée à 12 f. la toise & le relais à deux,
 „ & qu'il y ait seulement la longueur d'un relais à mener, la toise
 „ reviendra à 14 f. auquel cas si un homme peut charger 2 toises &
 „ un autre les mener, ce sera deux hommes d'employés pour char-
 „ ger & mener 2 toises de terre, dont le prix reviendra à 28 f. les
 „ deux, partant chaque homme gagnera 14 f. qui est une journée
 „ trop forte ; mais s'il faut mener les terres à 20 toises, il faudra
 „ établir deux relais, & par conséquent ajouter un homme aux deux

„ qui feront trois; cependant le prix de la toise n'augmentant que
 „ de 2 f. il arrivera que celui de 2 toises ne fera que de 32 f. qui
 „ divisés à trois hommes feront 10 f. 8 den. chacun, ainsi dès le se-
 „ cond relais, voilà 3 f. 4 den. de diminution; si la distance est de
 „ trois relais ou de 30 toises, au lieu de trois hommes il en faudra
 „ quatre pour mener 2 toises de terre, qui à 18 f. la toise feront
 „ 36 f. les deux, & 9 f. pour la journée de chaque Ouvrier: que si
 „ ledit transport est de 4 relais, il faudra 5 hommes pour charger
 „ & mener ces 2 toises de terre, qui travaillant toujours d'égale
 „ force ne gagneront que 8 f. chacun, parce que la toise cube ne
 „ reviendra qu'à 20 f. finalement si ce même transport va jusqu'à
 „ 50 toises de distance du lieu d'où l'on charge, ou cinq relais, il
 „ faudra 6 hommes pour charger & mener ces 2 toises de terre qui
 „ reviendront à 44 f. lesquels divisés en six feront 7 f. 4 den. cha-
 „ cun, qui est une journée un peu foible & qui la deviendra toujours
 „ de plus en plus à mesure qu'il faudra augmenter les relais; desorte
 „ qu'à 10 relais les journées ne reviendront qu'à 5 f. 9 den. ce qui
 „ n'est pas suportable: ainsi, quoiqu'il y ait égalité de travail, les jour-
 „ nées diminuent à mesure que le transport s'éloigne.

„ Si l'on vouloit augmenter chaque relais de 6 den. d'un sol, ou
 „ même davantage, on ne parviendroit pas encore à mettre ce Ré-
 „ glement dans l'égalité nécessaire à un travail bien ordonné, le Roy
 „ étant toujours lésé aux deux premiers relais, & le Soldat dans la
 „ plus grande partie des autres, & beaucoup d'inégalité dans les jour-
 „ nées, ce qui n'est pas raisonnable, attendu que les Ouvriers qui
 „ travaillent également & d'égale force dans un même ouvrage doi-
 „ vent autant gagner les uns que les autres; à quoi il faut ajouter
 „ que dans tous les lieux où la quantité de relais surpasse le nombre
 „ de 10, la lésion y est bien plus sensible, parce qu'à mesure que le
 „ nombre de relais augmente, le prix des journées diminue: voilà
 „ donc les deffauts de ce Reglement prouvés de maniere à n'en pou-
 „ voir douter; je ne dis rien des autres particularités, parce que ce
 „ ne sont que des consequences de ces deux principes, qui étant
 „ d'eux-mêmes défectueux, il s'ensuit que tout ce qui en dépend ne
 „ peut manquer de l'être.

„ Comme ces deffauts ne proviennent que de ce que le prix du
 „ chargeage est trop fort, & celui des relais trop foible, & de ce
 „ que ni l'un ni l'autre n'ont pas été réglés sur le prix commun
 „ des journées que l'on veut faire gagner aux Soldats, il sera fort
 „ aisé de le corriger en leur donnant un prix modique, non en vue
 „ de les faire travailler sur ce pied-là, mais d'en faire l'aplication
 au

Des mo-
 yens les
 plus con-
 venables
 pour corri-
 ger ces
 deffauts.

„ au prix de la toise cube, laissant aux Ouvriers après d'en attraper
 „ ce qu'ils pourront par la force de leurs bras.

„ Il est très possible de remédier aux inconveniens & d'ôter tout
 „ pretexte aux Soldats de crier, si, au lieu de regler la charge & les
 „ relais au hasard, & sans connoissance précise du prix des terres
 „ par raport aux differences de leur moleste, dureté, & transport, le
 „ Roy a pour agréable d'ordonner ce qu'il lui plaira que le Soldat
 „ gagne par jour: car si par exemple sa journée est réglée à 8 f. par
 „ jour, qui est un prix bas & modique pour des gens, qui, travaillant
 „ à la tâche, vont ordinairement de toute leur force, mais qui ne
 „ l'est pas tant pour des gens, qui, tirant la solde du Roy par d'autres
 „ services, ne sont cependant employés qu'à celui-ci, du moins
 „ un certain tems, il n'y a, dis-je, qu'à taxer le chargeage & les re-
 „ lais par raport aux journées des hommes; & il arrivera que si un
 „ homme charge 2 toises de la premiere main & sans pioche, la
 „ journée de cet homme montant à 8 f. partagée en deux, donnera
 „ 4 f. pour la charge de chaque toise cube de terre; mais s'il y faut
 „ deux hommes, leurs deux journées montant à 16 f. donneront
 „ 8 f. pour chacun, si trois hommes, 24 f. si partagés de rechef en
 „ deux donneront 12 f. pour chaque toise cube & ainsi des autres,
 „ augmentant toujours de 4 f. à chaque fois que l'on sera obligé
 „ d'augmenter d'un chargeur.

„ A l'égard des relais, il n'y a pas de meilleur moyen de les régler,
 „ qu'en les établissant à 15 toises de distance les uns des autres en plain
 „ terrain, & à 10 en montant, & du surplus fixer le prix de chacun
 „ à 4 f. par toise, qui produit toujours cette journée d'hommes qui
 „ doit servir de base au reglement du prix, mais non au gain des
 „ Soldats; car tel gagnera jusqu'à 10 & 11 f. que d'autres n'en ga-
 „ gneront pas plus de 6 ou 7, selon leur force & le mouvement
 „ qu'ils se donneront, ce qui ne peut que bien réussir & avec beau-
 „ coup de justice; car, chacun gagnera suivant son travail, & au-
 „ cun d'eux n'aura lieu de se plaindre que de lui-même.

„ A ce que dessus on doit ajouter, -premierement, de fixer la
 „ distance des relais à 15 toises en plain Pays, & à 10, où il faut
 „ monter par des Ponts ou par des rempes, comme il a déjà été dit
 „ sans changer de prix; la raison est que d'experience faite & plu-
 „ sieurs fois réitérée, une toise cube de terre peut-être menée en
 „ 250 broüettées, & deux en 500, qui est la tâche commune
 „ que nous assignons à un ouvrier de moyenne force, & pour les
 „ mener en place, il faudra qu'il fasse 15000 toises de chemin en
 „ plaine, dont la moitié charge, & 10000 en montant & d'étendue,
 „ c'est-

40 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

„ c'est-à-dire six lieuës de 2500 toises chacune en plaine, & près
„ de quatre en montant & d'étenduë, or il n'y a point d'ouvrier qui
„ n'aime autant faire 15 toises en plaine que 10 en montant.

„ Secondement, fixer le tems du travail à 10 heures par jour, & ce-
„ lui du repos à trois, qui font en tout 13 heures de sujétion, com-
„ mençant le travail à 5 heures du matin pour être à 5 & demie en
„ train, le quitter à 8 heures pour déjeuner une demie heure; le
„ reprendre à 8 & demie, pour le quitter de rechef à 11 & aller di-
„ ner; plus le reprendre à une heure, pour le quitter à 3 & demie;
„ enfin le reprendre à 4 pour le quitter tout-à-fait à 7.

„ J'estime qu'on peut encore régler le travail comme cy-après.

„ Le commencer par exemple à 5 heures du matin & travailler
„ jusqu'à 8, le quitter depuis 8 jusqu'à 9, & le reprendre depuis
„ 9 jusqu'à 12, le discontinuer jusqu'à 2, & le reprendre ensuite,
„ & le continuer jusqu'à 7 du soir, ce qui fait 10 heures de travail,
„ & trois heures de repos par jour.

„ On pourra soutenir le travail sur ce pied 8 mois de l'année,
„ savoir Mars, Avril, May, Juin, Juillet, Aoust, Septembre, &
„ Octobre; pour les 4 autres mois qui sont d'hyver, on en pourra
„ retrancher les déjeunés & les goutés, & réduire le tems du tra-
„ vail à 7 heures, pendant lesquelles je suis persuadé que les ouvriers
„ ne feront guère plus de demie journée d'Eté, à cause du froid &
„ du mauvais tems; je tiens qu'il ne faut point imposer davantage
„ au Soldat qui a sa tâche, parce qu'il est certain que 10 heures de
„ travail d'un homme qui a pour chassavant son interest en valent
„ du moins 15 d'autre qui a sa journée réglée; de les pousser plus
„ loin, c'est les outrer & les exposer à devenir malades, & ne pou-
„ voir pas tenir longtems.

„ Troisièmement, d'augmenter un homme aux chargeurs quand
„ il y aura de l'eau dans le travail; & qu'on sera obligé à des épui-
„ semens; si c'est en Eté, en considération des rigoles qu'il faut pour
„ les écouler vers les moulins qui l'épuisent, & du nettoyage des
„ rampes & de la terre qui se perd par les chemins, & si elles sont
„ si abondantes qu'un homme seul n'y puisse pas fournir, augmenter
„ d'un & demi ou de deux, ainsi du reste suivant les difficultés qui
„ se presenteront; si c'est en Hyver, & que le Soldat ait le pied mouil-
„ lé, on pourra en considération du froid qu'il aura à souffrir lui aug-
„ menter encore d'un homme de plus, ce qui doit être arbitré par
„ l'Ingenieur en chef avec beaucoup de circonspection.

„ Quatrièmement, d'augmenter d'un homme à la charge où les
„ terres seront dures, ou de deux, même de trois, selon que l'ou-
„ vrage

„ vrage sera difficile, de cette façon on pourra même régler l'ex-
 „ cavation du roc & rocailles assés juste, puisque le plus ou moins
 „ d'hommes au chargeage & piochage en fera toute la difference,
 „ & c'est surquoi les Soldats se réglent assés bien d'eux-mêmes.

„ Cinquièmement, chomer tous les Dimanches, mais non les
 „ Fêtes, comme étant très-certain qu'on ne gagne rien au travail
 „ des Dimanches, par la raison que tout homme qui a travaillé six
 „ jours tout de suite a besoin de repos le septième.

„ Sixièmement, regler un peu la distance moyenne des relais du
 „ centre de l'ouvrage au centre du transport, pour éviter les con-
 „ testations qui pourroient arriver à cet égard ; & , parce que d'or-
 „ dinaire les Soldats allongent & racourcissent leur relais comme il
 „ leur plaît, compter toujours la distance totale du lieu où l'on
 „ charge, à celui où l'on décharge, & régler après les relais com-
 „ me ci-devant, donnant le plus, & ôtant le moins, quand il défaut-
 „ dra ou surpassera le demi relais, pour éviter tout ce qui peut faire
 „ embarras.

„ Septièmement, observer dans une même file de relais, quand il
 „ s'en trouvera où il y aura à monter ou descendre, de régler ceux
 „ des montées à 10 toises, comme il a été dit cy-devant, & ceux
 „ de la plaine à 15, sans rien changer au prix des uns & des au-
 „ tres.

„ Huitièmement, ne rien changer non plus où il s'agira de tra-
 „ vailler dans le Roc, puisque le nombre de Chargeurs ou Rocteurs
 „ qu'il y faudra de plus, & le moins de gens au relais, suffira pour
 „ en regler le prix au juste, en y prenant garde de près. On pourra
 „ d'ailleurs ajoûter quelque chose pour l'entoilage du moilon qui
 „ sera propre à bâtir.

„ Du surplus, l'obligation des Entrepreneurs envers les Ouvriers
 „ doit être de leur fournir les outils propres au travail, de faire tous
 „ les épuisemens d'eau à leur dépens, les Ponts où il en faudra
 „ fournir les planches, arranger ou faire battre les terres où il sera
 „ nécessaire, couper des rampes dans les taluds qui leur seront réglés,
 „ à quoi les mêmes seront obligés : en considération de cette obli-
 „ gation des Entrepreneurs, qui sont de plus sujets à d'autres vers
 „ le Roy, comme de faire l'ouvrage bon & solide dans un certain
 „ tems, & d'en répondre suivant les conventions de leur marché,
 „ on donnera 6 f. de plus qu'aux Soldats pour le prix de la toise,
 „ en considération de tous les devoirs à quoi ils sont tenus ; avec
 „ cette remarque, que plus il y a de relais, plus leur charges sont
 „ grandes, à cause de la quantité de brouettes & d'outils qu'ils

F

„ doi-

„ doivent fournir, surquoi il est encore à observer, que pendant les
 „ Hyvers les frais augmentent de beaucoup, à cause de la brièveté
 „ des jours, difficulté des Voitures, abondance des eaux, bouës &
 „ gelées; c'est pourquoi les 6 f. n'y pourront pas toujours suffire, à
 „ moins qu'on n'ait soin de leur ménager du travail aisé, commode,
 „ & en petite quantité, le mieux est de ne les obliger que le moins
 „ qu'on pourra à de grands travaux de terre dans ces tems-là, car
 „ s'ils ont quelqu'avantage pendant l'Été, il est certain que les grands
 „ ouvrages d'Hyver les consommeront: cependant c'est une chose
 „ à bien examiner, car les ouvrages d'Été où il y a peu de relais
 „ & de consommation, il y a aussi bien moins de frais, & par con-
 „ sequent beaucoup plus d'avantages qui se peuvent moderer selon
 „ les lieux & la facilité des ouvrages.

„ De cet ordre une fois établi résultera plusieurs connoissances
 „ aux gens qui font travailler.

„ Premièrement, que le prix de la toise augmentant à chaque
 „ relais de 4. f. il s'ensuivra que dès aussi-tôt qu'on aura donné prix
 „ à ce chargeage, il n'y aura qu'à compter le nombre de relais &
 „ les frais de l'Entrepreneur, pour savoir au juste le prix qu'on doit
 „ donner à la toise.

„ Secondement, qu'on aura toujours une connoissance parfaite
 „ du prix de la toise de terre, puisque ce prix hauffera & baissera
 „ selon le nombre de chargeurs & de relais.

„ Troisièmement, que quelque nombre d'ouvriers qu'il y ait, le
 „ Roy ne payera jamais que 8 f. pour la journée d'un chacun, qui
 „ n'étant pas cependant distribué sur le pied de journée, mais bien
 „ sur le pied de ce qu'ils pourront faire d'ouvrage, il s'ensuivra que
 „ S. M. fera servie très-diligemment, à bon marché, sans peine, &
 „ sans violenter personne.

„ Quatrièmement, que si on fait attention à l'utilité de cette
 „ proposition, on la trouvera très-avantageuse, d'autant que la jour-
 „ née du Roy étant aujourd'hui réglée à 10 f. il n'y a pas d'hommes
 „ de ceux qui travaillent à la tâche qui n'en mérite mieux 15, que
 „ ceux qui font à la journée de 10; cependant, on n'en demande ici
 „ que 8 pour faire aller les Soldats de toute leur force.

„ Cinquièmement, que pour avoir plus près à mener, le Soldat
 „ n'en gagne pas davantage, ni moins pour avoir plus loin, la toise
 „ revenant toujours au prix proportionné à la quantité de ses re-
 „ lais & à la difficulté de la charge.

„ Sixièmement, que quoiqu'on suppose 6 f. par toise à l'Entrepre-
 „ neur pour ses peines, fournitures de planches, ponts, brouettes,

„ ou-

„ outils, épuisemens d'eaux, façon de montées, &c. cela ne se
 „ doit entendre que des endroits où il y a grande consommation
 „ d'outils, comme ceux où il y a plusieurs relais, & où l'on est obligé
 „ de travailler pendant l'Hyver dans le tems des grandes gelées, où
 „ pendant que les terres sont trempées & boueuses, & en un mot où
 „ il y a beaucoup de peine & peu d'ouvrage, autrement on peut
 „ leur donner depuis 3, jusqu'à 4 & 5 f. selon que les frais des épu-
 „ semens & les consommations en sont plus ou moins considéra-
 „ bles. „

Il est à remarquer que le prix des journées à 8 f., qui étoit passa-
 ble pour des Soldats dans le tems que ce Mémoire a été fait, ne
 suffiroit pas presentement que le rehaussement des monnoyes & les
 mauvaises années ont tout rencheri ; d'ailleurs cela dépend aussi
 du Pays où l'on fait travailler par raport aux aisances ou aux difficul-
 tés que les Troupes trouvent à vivre à juste prix : c'est à l'Ingenieur
 en chef, ou au Directeur, à avoir toutes ces considérations pour
 que le Roy n'y soit pas lezé, & que les Soldats aussi-bien que les
 Entrepreneurs se tirent judicieusement d'affaire ; ainsi, sans s'arrêter
 constamment à cet article, on tirera toujours beaucoup de con-
 noissance de ce Mémoire, qui est regardé de tous les anciens Inge-
 nieurs comme la meilleure Instruction qui ait été écrite sur ce sujet.

Dans de certains Pays, on distingue ordinairement pour le marché
 des Ouvrages trois sortes de terres pour en régler le prix, la terre
 douce ou épiercée pour les parapets, la roccaille, & le roc.

Toute terre, où l'on n'a besoin que du louchet pour l'enlever,
 est regardée comme terre ordinaire : la pierre morte, qui se trouve
 mêlée d'un peu de terre, & où il ne faut ni masse, ni pince, & où
 il suffit de la pioche & du pic, est réputée roccaille. Toute pierre vive,
 où il faut se servir de pic, de coin, de masse, d'aiguille, est apellée
 roc.

Dans le Pays-Bas, où l'on ne rencontre guère de roc ni de roccaille,
 on distingue dans les marchés deux sortes de terre ; l'une est apellée
 terre hors d'eau, qui est celle qu'on peut travailler à sec ; & l'autre
 terre dans l'eau, qui ne peut s'enlever sans beaucoup d'incommo-
 dité : toutes ces terres différentes pourront s'estimer en suivant
 l'Instruction de Mr. de Vauban ; c'est-à-dire, en s'attachant à la quan-
 tité d'hommes qu'il faut pour en transporter une toise cube, & aux
 journées qu'ils doivent gagner.

Dans une terre ordinaire, un atelier de quatre Soldats, com-
 posé d'un piocheur, d'un chargeur, & de deux autres qui brouët-
 tent, peut transporter à 10 toises de l'atelier, deux toises & un tiers

44 LA SCIENCE DES INGENIEURS;

cubes dans un jour d'Eté, & un peu plus de la moitié dans un jour d'Hyver.

La rocaille étant comme je l'ay déjà dit une pierre morte, mêlée de terre, la difficulté de sa fouille est beaucoup plus grande, que celle des terres ordinaires, c'est pourquoi le prix en est aussi plus considerable: c'est à la prudence de l'Ingenieur de l'augmenter, enforte que les Soldats y trouvent leur compte; &, quoi qu'il soit difficile de déterminer à quoi peut aller cette augmentation, je dirai pourtant que la toise cube de Rocaille vaut à peu près le double des terres ordinaires.

Quant au roc, il faut aussi avoir égard à sa qualité & à sa dureté: on le tire par mine, dont l'appareil est de quatre hommes, qui s'aprofondissent de cinq pieds dans un roc ordinaire; mais comme le marbre est d'une nature plus dure, ils ne peuvent guere s'y approfondir que de quatre pieds, qui produisent tout au plus une demi toise cube, qui consomme environ deux livres de poudre pour charger les petards: outre ces quatre hommes, on ajoute encore deux manœuvres pour arracher les pierres ébranlées par la mine, & ôter les décombres: ainsi sachant ce que les uns & les autres doivent gagner par jour, & ce qu'il en coûtera pour les outils & la poudre, on pourra savoir à combien reviendra la toise cube.

Pour approfondir dans le roc, on se sert d'une aiguille, ou barre de fer, de bonne trempe bien acérée, pointuë par un de ses bouts, ayant six ou sept pieds de longueur, deux hommes la mettent en mouvement pour faire un trou, en maniere de petit puits, capable de contenir une certaine quantité de poudre, après avoir chargé cette petite mine, on bouche le trou avec un tampon chassé à force, afin que la poudre fasse un plus grand effet, on y met le feu par le moyen d'un morceau d'amadouë, qui, ne se communiquant à la poudre qu'au bout d'un certain tems, laisse aux ouvriers la liberté de se retirer; la mine ayant écarté & ébranlé les pierres, on en fait le déblais, & on repete la même manœuvre autant de fois qu'on le juge nécessaire.

Avant de commencer la fouille des terres, il est de la dernière conséquence d'en bien indiquer le transport, & savoir la quantité qu'il en faudra pour la construction du projet que l'on veut exécuter; ceux qui font ces projets doivent en donner des memoires, afin que les profils étant bien expliqués, on ne s'aprofondisse qu'à proportion des remblais qu'on aura à faire: c'est ordinairement la nature du terrain qui détermine le parti que l'on doit prendre; car si l'on peut creuser à sec jusqu'à 18. ou 20. pieds, on ne sera pas obligé

obligé de faire les fossés fort larges, parce qu'en les approfondissant, on aura toujours des terres suffisamment, & les ouvrages en seront de meilleure défense, à cause qu'ils seront moins decouverts: si au contraire le terrain est aquatique, & qu'on ne puisse s'enfoncer aussi avant qu'on le voudroit, sans être incommodé des eaux; alors on prend sur la largeur, ce que l'on ne peut tirer de la profondeur; mais, je le repete, toutes ces considerations doivent dépendre du projet, ainsi dans l'exécution il ne s'agit que de bien diriger les ateliers. Cet article demande beaucoup de circonspection, & quoique la chose ne paroisse qu'une bagatelle, je crois qu'on conviendra qu'on n'a guere executé de grands travaux, sans qu'il ne soit arrivé quelque mal entendu dans le maniment des terres; ici, faute d'en avoir fait un amas assez considerable, avant d'élever les revêtemens, on est obligé, pour achever l'ouvrage, d'en rapporter par de longs circuits qui augmentent les relais, par consequent la depense; là, pour n'y avoir pas fait assés d'attention, il s'en trouve une trop grande quantité, qu'il faut dans la suite transporter ailleurs, peut-être même auprès de l'endroit d'où on les avoit tirées, desorte qu'une toise cube, qui n'auroit dû être maniée que deux fois, l'une pour la transporter, l'autre pour la mettre en œuvre, a été promenée à differens endroits inutilement, ce qui en double ou triple la valeur; au reste je sai bien que cela n'arrive point à ceux qui ont une grande connoissance des travaux, parce qu'ils savent prévoir, dès le commencement de l'ouvrage, les suites des moindres choses.

Pour faire voir de quelle maniere on peut estimer assez juste la quantité de terre destinée à la construction d'un ouvrage, nous suposerons qu'on a tracé sur un terrain bien uni, & dans lequel on peut approfondir à sec, un front de Poligone *ABCDEF*, dont le fossé est terminé par la Contrescarpe *GHI*, & que le rempart qu'on veut élever est exprimé par le profil *ABDKMX*: cela posé, comme la terre qu'on doit porter du côté de la place, & qu'on voit exprimé ici par *KKK*, &c. depend de l'élevation du rempart; nous ferons comme si le revêtement devoit avoir 30. pieds de hauteur, depuis le fonds du fossé jusqu'au cordon, & le fossé 18. pieds de profondeur; en ce cas, pour que toutes les parties du profil soient bien proportionnées, il faut que la hauteur *BC*, du rempart, du côté de la place, soit de 12. pieds & demi, la rampe *AC*, de 19. & demi, la largeur *CE*, de 30. la hauteur *ED*, de 14. la rampe *EG*, de la banquette de 3. sa largeur *GL*, de 4. & demi, & la hauteur *FG*, ou *HL*, de 15. & demi, enfin le parapet devant avoir 4. pieds & demi de hauteur, *KN*, sera de

PLANCH.
7.

20. pieds, & LN , d'un & demi; & si l'on fait abstraction des contreforts, & qu'on suppose pour abréger, que le revêtement ait 5. pieds d'épaisseur au sommet, MI , sera de 18. pieds, & VI , de 13. Or si l'on cherche la superficie de toutes les parties dont nous venons de donner les dimensions, on trouvera qu'elles composent ensemble 907. pieds quarrés, d'où il faut retrancher la partie des contreforts, qui est au-dessus de la ligne horizontale AT , après en avoir fait la réduction, ainsi qu'on l'a enseigné dans l'article 46. du premier livre, & l'on trouvera qu'elle est équivalente à 26. pieds quarrés, qui étant retranchés de 907. la différence sera 881. pieds quarrés, quand on n'aura égard qu'au profil, mais qui deviendront des pieds cubes, en suposant que le profil a un pied d'épaisseur. Si l'on veut savoir combien il faut de toises cubes de terre par toise courante, on réduira les 881. pieds, en toises quarrées, pour avoir environ 24. toises & demi, qui étant multipliées par une toise, donnera 24. pieds & demi de toises cubes, c'est-à-dire, que si la face d'un Bastion à 50. toises de longueur, il faudra à peu près 1225. toises cubes de terre pour former cette face.

Mais sans s'embarrasser de ce qu'il faut pour chaque partie du front, il suffira après avoir trouvé la superficie du profil $ABDHKMI$, & en avoir retranché les contreforts réduits, de diviser 881. pieds par la profondeur qu'on veut donner au fossé, c'est-à-dire par 18. & l'on trouvera environ 49. pieds, pour la largeur RS , de la tranchée, qui, ayant 18. pieds de profondeur fournira les terres nécessaires à l'élevation du rempart; ainsi traçant une ligne $LMNOPQ$, parallèle aux parties du front $ABCDEF$, en sorte qu'elle soit éloignée de 49. pieds du derrière de la muraille, on aura l'espace que doit occuper la tranchée dont je parle, puisqu'une toise courante de la vuidange de cette tranchée fournira des terres pour une toise courante de rempart, ce qui est bien évident, puisque 6. pieds de longueur, 49. de largeur, & 18. de profondeur, donnent 24. toises & demi cubes.

Selon l'estimation précédente, j'ai supposé qu'il étoit question des Bastions vuides, & dont le terre-plain seroit de niveau avec le rez-de-chaussée de la place. Si on avoit des raisons pour le faire autrement, soit pour y construire des souterrains, ou y élever des cavaliers, on pourra toujours, en se réglant sur les profils, savoir de combien il faudra augmenter la largeur de la tranchée, pour avoir une quantité de terre suffisante, car j'entens qu'il faut toujours en faire l'amas avant de construire le revêtement.

A mesure que l'on fait le déblais des terres, on les porte à 8. ou 10. toises du côté de la place; si le terrain est de bonne consis-

tan-

tance, & qu'on ne craigne pas les éboulemens, on donne aux Banquettes *OP*, qui doivent se trouver derriere le revêtement, le plus de hauteur qu'il est possible, & une largeur suffisante seulement pour se soutenir, afin que quand la muraille sera élevée, l'on n'ait que peu de remblais à faire, ce qui diminuë la poussée des terres: à l'égard des Banquettes *ST*, qui se font du côté de la campagne, il faut leur donner beaucoup plus de largeur que de hauteur, afin que les travailleurs puissent les pratiquer commodement.

Quand on a creusé jusqu'à la profondeur *PS*, que doit avoir le fossé, on fait une nouvelle tranchée *PQRX*, pour les fondemens de la muraille, les terres qui en proviennent se jettent du côté de la campagne, & se transportent, aussi-bien que toutes celles qui étoient restées dans le Fossé, aux endroits marqués pour la construction des ouvrages de dehors; on observe, à mesure qu'on en fait la vuidange, de laisser des témoins de distance en distance, ou des profils pour servir à faire les toisés.

CHAPITRE NEUVIEME.

De la maniere de faire les Fondemens des Edifices dans toute sorte d'endroits, & principalement dans le mauvais terrain.

IL semble qu'avant d'enseigner la Construction des Fondemens, j'aurois dû dire quelque chose sur les précautions que l'on prend pour se mettre en état de travailler dans les lieux aquatiques, expliquer la façon des batard'eaux que l'on construit pour se garantir des eaux étrangères, ou pour faire des épuisemens avec le secours des machines que l'on a imaginées à cet usage; détailler les propriétés de ces machines, afin de donner la préférence à celles dont on peut se servir le plus utilement: c'est aussi ce que j'ai fait dans un Chapitre assés long que j'avois destiné à précéder immédiatement celui-ci; mais ayant fait réflexion que la véritable place devoit être dans l'Architecture Hydraulique, c'est-à-dire dans le second tome de cet ouvrage, je m'en suis tenu à ce dernier parti; c'est pourquoi j'y renvoie le Lecteur.

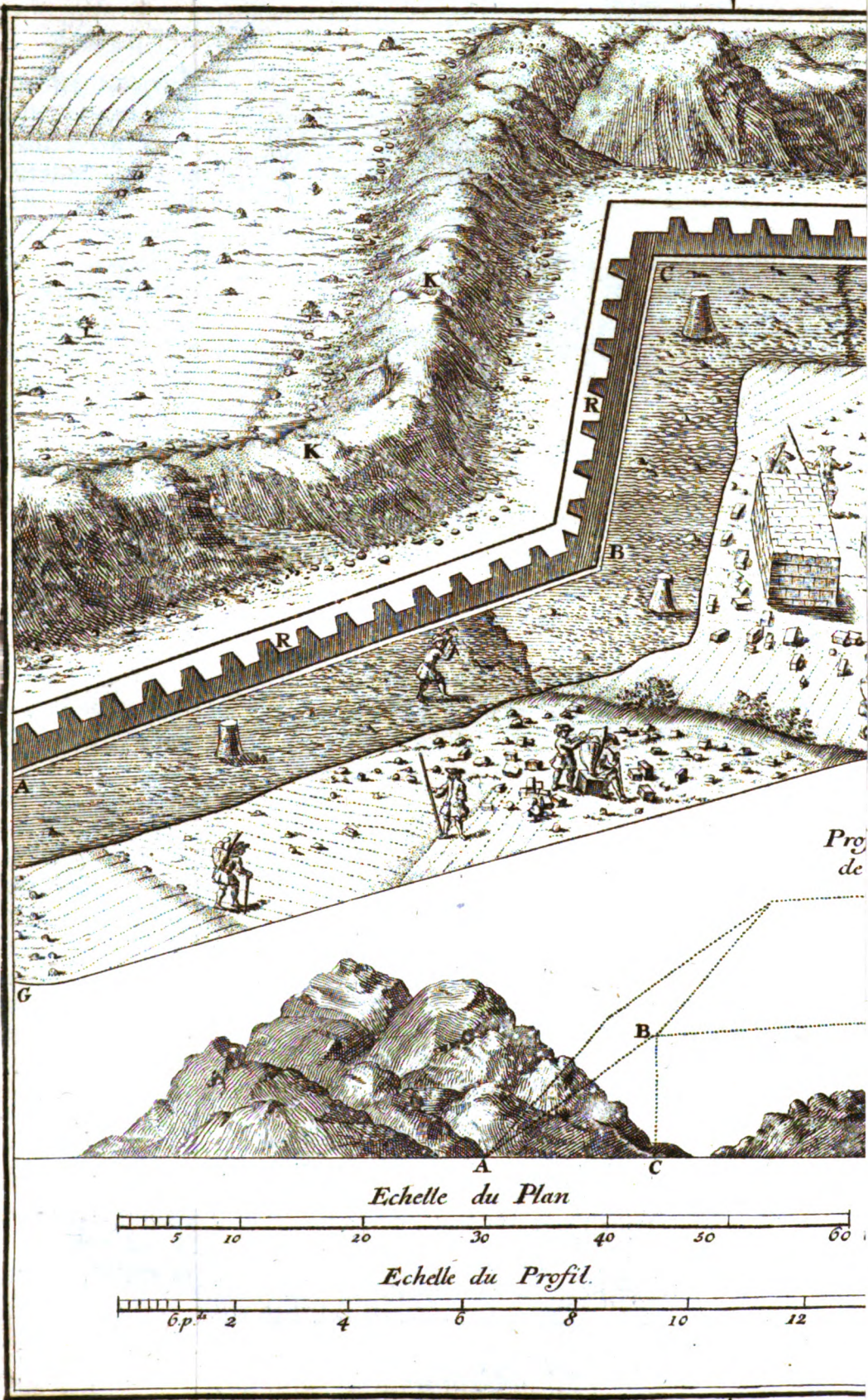
La premiere connoissance, dont il faut être prévenu, est la nature des terrains qui se rencontrent en approfondissant, & quoique leur diversité soit très-grande, on peut cependant la réduire à trois especes principales. La premiere est celle de tuf & de roc: ce dernier

nier est facile à connoître par la résistance que les Terrassiers trouvent à fouiller.

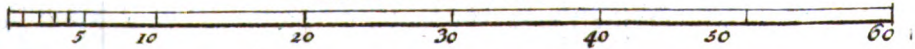
La seconde espece de terrain est celle de Sable, dont on distingue de deux sortes; l'un est le Sable ferme & dur, sur lequel on n'hésite point à établir des fondemens; & l'autre le Sable mouvant, dont le peu de consistance ne permet pas qu'on travaille dessus, sans prendre quelque précaution pour prévenir les accidens. On distingue le Sable mouvant d'avec le ferme, par le moyen d'une sonde de fer, dont le bout est fait en *tariere*, afin de voir en la retirant la nature du fond qu'elle a percée. Lorsqu'elle résiste & qu'elle entre avec peine, c'est une marque que le Sable est dur; au lieu qu'on doit juger du contraire, si elle entre facilement: quand on est obligé de fouiller fort avant pour rencontrer le bon fonds, on allonge la sonde par le moyen de plusieurs branches de fer qui s'ajustent bout à bout avec des vis en écrouës. Il se rencontre dans les lieux aquatiques un Sable d'où il sort de l'eau quand on marche dessus, ce qui l'a fait nommer *Sable bouillant*, qu'on ne doit point confondre avec le mouvant, puisqu'il s'en trouve souvent sur lequel on peut asséoir des fondemens très-solides, comme nous le ferons voir ailleurs.

La troisième est celle de terre, dont on distingue de quatre sortes, la terre ordinaire, *la grasse*, *la glaise*, & celle de tourbe. La terre ordinaire se trouve dans les lieux secs & élevés: la terre grasse est presque toujours composée de vase sans consistance, & ne se trouve guère que dans les lieux bas, on ne peut y fonder qu'avec de grandes précautions: pour la glaise, elle se trouve indifféremment dans les lieux hauts & bas; quand elle est ferme & qu'elle forme un banc d'une épaisseur considérable, on peut y fonder hardiment, pourvu qu'on soit sûr qu'elle se trouve par-tout d'une égale consistance, sans quoi il faudroit prendre des mesures convenables à la nécessité: pour la terre de tourbe, elle ne se trouve que dans les lieux aquatiques & marécageux; c'est une espece de terre grasse, noire, & bitumineuse, qui se consume au feu après l'avoir fait sécher, & dont l'usage est très-commun aux Pays-Bas: il y a des gens qui prétendent que cette terre provient des differens accroissemens que certains cantons ont reçûs en s'élevant par la fuite des tems; ce qui favorise cette opinion est qu'ayant fouillé dans un terrain tourbeux, on y a trouvé des arbres d'une grosseur considérable, & tous les autres vestiges d'un lieu qui a été autrefois découvert: au reste, il n'est point aisé solide pour y asséoir des fondemens, à moins qu'on n'ait recours à ce que l'art & l'industrie peuvent fournir en pareil cas.

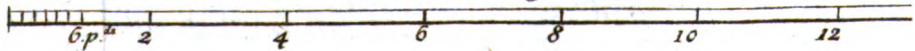
Indépendamment des soins qu'on doit prendre pour avoir une parfaite



Echelle du Plan



Echelle du Profil.



parfaite connoissance du fond sur lequel on veut travailler, il est bon de questionner les Ouvriers du Pays, il s'en rencontre toujours quelques-uns à qui le bon sens, & l'usage continuel où ils sont de travailler dans un même endroit, ont fait faire des remarques & des réflexions, dont il est bon qu'on soit prévenu : souvent ces gens-là donnent plus de connoissance dans un quart-d'heure, qu'on ne pourroit en acquérir par de longues & pénibles recherches.

Nous proposant de faire voir la maniere de fonder sur toute sorte de terrain, les differens moyens, qu'on va insinuer, pourront s'appliquer à la Construction des Edifices en general : cependant, comme nous avons principalement en vûe les ouvrages de Fortifications, on s'attachera plutôt à donner des exemples qui leur soient applicables, qu'à toute autre espece de Travaux ; c'est pourquoi les desseins de la huitième planche représentent des profils de remparts.

Les fondemens, qui se font à sec, sont assis sur le roc, ou sur un bon fond ; quand on fonde sur le roc, on établit les assises par ressauts s'il faut monter ou descendre, leur donnant le plus d'affiette qu'il est possible, & un pouce ou un pouce & demi de pente du devant au derriere, afin que la Maçonnerie qu'on veut élever se soutienne parfaitement. Si le roc est trop uni, & qu'on apprehende que la Maçonnerie ne fasse pas de bons arpemens, on le pique à coups de marteau têtû, & après avoir bien netoïé les decombres, on l'asséoit en bain de bon mortier, & on l'encastre de quelques pouces. Si le roc sur lequel on veut fonder, est disposé de maniere que sa hauteur puisse faire partie du mur, on lui addosse la Maçonnerie, & on y fait des écorchemens pour que l'un & l'autre puissent se bien lier ensemble ; par exemple, après avoir creusé les Fossees d'une Forteresse, on en revêtit son escarpe & sa contrescarpe, & au lieu qu'on auroit donné à la base du mur 10 ou 12 pieds, dans tout autre terrain, on se contente de ne lui en donner que quatre ou cinq suivant les ressauts qu'on a formés, parce qu'alors n'ayant pas de grands remblais à faire, les revêtemens n'ont que peu de poussée, & même quelquefois point du tout.

Ces sortes de revêtemens, quoiqu'aisés à construire en apparence, à cause qu'on n'a rien à apprehender de la part du fonds, rencontrent souvent bien des difficultés dans l'execution, quand il s'agit d'élever quelque Forteresse au sommet d'un rocher escarpé, où l'on ne peut faire quatre toises d'ouvrages sans monter ou descendre, & où il faut quelquefois 10 ou 12 profils differens pour executer une seule piece. Les Ingenieurs, qui sont travailler dans le Roussillon & dans les autres endroits Montagneux, seroient seuls capables de

G

don-

 Fonde-
ment sur
le Roc.

 PLANCH.
8.
FIG. 3.

donner de bonnes instructions pour se conduire dans de semblables terrains: je crois même qu'il n'y a guère que sur les lieux qu'on peut s'appercevoir des différentes pratiques dont on sera obligé de se servir, la nécessité, avec un peu de génie, fournissant mille moyens pour surmonter les obstacles à mesure qu'ils se présentent. J'ai toujours regardé ce Chapitre comme le plus difficile de ceux que j'avois à traiter, puisque, pour le rendre complet, il m'auroit falu de bons Mémoires généralement de tous les Ingenieurs en chef qui sont dans nos places; car il y a cela de fâcheux, qu'on ne peut passer de l'un à l'autre, sans rencontrer quelque changement dans la maniere de travailler, ce qui vient de la différence du terrain ou de la qualité des matériaux: mais si j'avois voulu embrasser toutes les parties d'un sujet aussi vaste que celui-ci, & en faire de même pour les autres, j'aurois été obligé d'entrer dans un détail immense qui m'auroit engagé (non pas à faire un Livre) mais une Bibliothèque; il a donc falu m'en tenir aux pratiques les plus essentielles, dans l'esperance que l'on me feroit grace de tout ce qui meritoit moins d'attention.

Quand on est obligé d'établir des murs sur un roc fort inégal par sa figure, & quelquefois par sa consistance, la plus grande difficulté est de s'accorder à une certaine hauteur les premières assises de Maçonnerie qui doivent servir de Fondemens, & de les bien lier avec le roc: de tous les moyens qui sont venus à ma connoissance & dont on peut se servir en pareil cas, en voici un entr'autres pour lequel je pencherai beaucoup, & dont on s'est bien trouvé dans la construction de plusieurs grands ouvrages.

Fondement de
pierrée.

FIG. 11.
& 12.

Après avoir établi le terrain de la maniere qu'on le jugera le plus convenable, & avoir réglé l'épaisseur qu'il faudra donner aux fondemens, par raport à l'élevation de la muraille, il faut en border les alignemens avec des cloisons de Charpente, enforte qu'elles composent ensemble un coffre dont le bord supérieur soit disposé le plus horizontalement qu'il se pourra; car pour le bas il doit suivre la figure des ressauts & des différentes sinuosités qu'on aura été obligé de donner au roc: ayant fait un grand amas de pierrailles, il faut les corroyer avec du mortier; on pourra même si le roc est bon se servir des décombres qu'on en aura tirés après avoir réduit les plus forts quartiers à une grosseur médiocre qui ne doit pas passer celle du poing: il faut le lendemain, ou au plus tard deux jours après qu'on aura fait plusieurs tas de mortier de pierrées, avoir un grand nombre de Manœuvres dont les uns rempliront les coffres de ce mortier, tandis que les autres le battront à mesure que la Maçonnerie s'élèvera avec des dames du poids de 30 livres ferrées par le bout,

bout ; (je crois qu'il n'est pas besoin de dire qu'elle doit être assise immédiatement sur le roc dans lequel elle doit être encastrée de 7 ou 8 pouces) lorsqu'elle a pris consistance & qu'elle est suffisamment sèche, on détache les cloisons pour s'en servir ailleurs ; j'ajouterai que quand on est obligé de faire quelque cascade pour monter ou descendre, on soutient la Maçonnerie par les côtes avec d'autres cloisons disposées en gradins, ainsi on surmonte le roc par des fondemens auxquels on donne la figure que l'on veut ; car l'on doit entendre que j'appelle ici fondement, la Maçonnerie qui sert d'empattement à celle que l'on veut élever par assise réglée, quoique cet empattement ne soit point enterré comme les fondemens ordinaires. Je n'en détermine point la hauteur, qui sera si l'on veut de 3 à 4 pieds plus ou moins selon la nécessité.

Pour que toutes les parties des fondemens soient bien liées ensemble & parfaitement unies avec le roc, il faut remplir les coffres sans interruption sur l'étendue qu'on a jugé à propos d'embrasser, observant de faire battre également par-tout, particulièrement dans le commencement, afin que le mortier & les pierres s'influencent dans les écorchemens qui se trouveront figurés dans le roc, soit par le hazard, ou parce qu'on aura jugé à propos de les faire exprès, pour rendre la liaison plus parfaite.

Quand le roc est fort escarpé, on peut, pour ne point faire de remblais derrière les fondemens, se contenter d'établir une seule cloison sur le devant pour soutenir la Maçonnerie & remplir de pierres l'intervalle qui se trouve depuis-là jusqu'à l'escarpement, ce qui rendra l'ouvrage encore plus solide.

Quand on a établi & bien arrasé, à la hauteur convenable, les fondemens sur toute l'étendue qu'on a embrassée, on continue à répéter la même manœuvre sur le prolongement de l'ouvrage, observant de bien lier la vieille Maçonnerie avec la nouvelle ; c'est-à-dire les pierrées faites depuis quelque-tems avec celle qu'on voudra y ajouter ; pour cela, il faudra toujours faire en rampe les extrémités des fondemens qu'on saura devoir être prolongés, jeter de l'eau dessus, & bien battre la nouvelle Maçonnerie à mesure qu'elle sera appliquée sur la vieille.

De cette manière l'on fera des fondemens, qui, venant à se durcir peu à peu, ne composeront par-tout qu'un seul corps si ferme & si inébranlable, qu'il ne faut pas appréhender qu'il se fasse par la suite aucun affaiblissement ni rupture, soit qu'ils se trouvent inégalement chargés par le poids de la muraille qu'on aura élevée dessus, ou que certaine partie du terrain moins solide que l'autre cède ou se détache, comme cela arrive quelquefois.

Quand on est dans un Pays où la Chaux est bonne, je suis persuadé que de toutes les Maçonneries, il ny en a point de plus excellente que celle que je viens de décrire, & qui soit plus commode dans une infinité d'occasions, souvent l'on creuse des fondemens dans un terrain qui sera ferme en un endroit & douteux à quelque pas plus loin, ce qui est cause que les murs s'affaissent inégalement ; si les fondemens sont faits de pierrées, il ne faut pas apprehender qu'étant d'une certaine épaisseur, il se fasse jamais quelque rupture, quand bien même il y auroit des parties qui porteroient à faux, ce que l'on ne peut pas attendre de la Maçonnerie ordinaire, sur-tout quand elle est faite de grosses pierres, à cause que le mortier s'y attache moins & sujet à tasser plus en un endroit qu'à l'autre : c'est ce qui a fait dire à Vitruve, que la Maçonnerie faite avec de petites pierres étoit plus indissoluble que les autres. Mr. Perrault, dans le Commentaire qu'il a fait de cet Auteur, fait voir en plusieurs endroits de ses Notes, que les Anciens faisoient souvent de la Maçonnerie de pierrées, non-seulement pour les Fondations épineuses, mais encore dans une infinité d'occasions, comme on en peut juger par les monumens qui restent, où l'on remarque que tous les Ouvrages faits dans ce goût-là se sont durcis au point de surpasser la solidité du marbre : car il faut convenir, qu'il n'y a point de pierre si dure qu'elle puisse être qu'on ne rompe, & dont on ne tire aisément des éclats ; au lieu que d'un massif fait de mortier de pierrées, on n'en peut séparer les parties que successivement.

Quand on est dans un Pays où la pierre dure est fort rare, je crois qu'on pourroit en toute sécurité faire les soubassemens des gros murs avec une bonne pierrée, la difficulté est seulement d'avoir d'excellente Chaux : il est vrai que la grande quantité qu'il en faut rend cette Maçonnerie fort chère ; mais cela ne doit point en diminuer le mérite quand il s'agit d'un Ouvrage de conséquence : on en voit périr tous les jours pour y avoir regardé de trop près en les construisant, & quand il faut les réparer, on s'aperçoit trop tard des inconveniens d'une économie mal-entendue ; cependant, tout bien considéré, la Maçonnerie de pierrée ne coûtera jamais celle de Pierre de Taille, l'on pourroit seulement trouver à redire que voulant l'employer pour des soubassemens ou pour des fondemens découverts, le coup d'œil ne seroit point satisfait de voir un parement brut, & d'une assez vilaine figure ; mais il est aisé d'empêcher cela, en faisant avant la construction deux especes de mortier, l'un mêlé de pierrailles comme celui dont nous venons de parler, & l'autre de gros graviers : si l'on étoit dans un Pays où il y eût deux for-

sortes de Chaux, il faudroit employer la meilleure pour la composition de ce dernier, & la moindre pour celle de l'autre, & les employer comme il suit.

Quand on travaillera sur le roc, on commencera à jeter au fond du coffre un lit de mortier fin, parce qu'il s'y attachera mieux que l'autre; ensuite des manoeuvres qui doivent remplir le coffre, on en choisira un nombre pour porter du mortier fin, lui recommandant de le jeter contre le bord interieur du coffre, j'entends contre le bord qui soutient le parement, & le reste sera rempli de mortier de pierrée: si cela est bien conduit, le mortier fin se liant avec l'autre formera contre la cloison un parement uni, qui, venant à se durcir, fera le même effet que la pierre; on pourra même, si l'on veut, au bout de quelque tems, pour une plus grande imitation, y figurer des joints.

Les Fondemens, qui se font encore à sec sur un terrain de bonne consistance, & qui ne presente aucun obstacle considerable à surmonter, se construisent sans beaucoup de mystere. On prepare le terrain comme on l'a veu dans le Chapitre précédent, & après avoir creusé la tranchée de la largeur & de la profondeur déterminées par les profils, on lui donne un talud allant du devant au derriere, proportionné à l'épaisseur que doivent avoir les fondemens, afin que le revêtement soutienne mieux la poussée des terres. Par exemple sur 12 pieds d'épaisseur, on donnera 6 pouces de talud, ainsi des autres dont le talud sera toujours à peu-près la 24 partie de l'épaisseur: on établit la premiere assise de gros libages plats posés en bain de bon mortier (quoique bien des gens aiment mieux les poser à sec, leur entre-deux garni de mortier) sur cette premiere assise on en eleve une autre dont les alignemens sont composés de boutisses & de pannereffes en liaison alternative, les boutisses ayant au moins 18 pouces de queue & d'une grosseur raisonnable principalement sur le devant; car pour le derriere on se contente d'y poser les plus gros quartiers de pierre, le milieu se remplit de moïlons à bain de mortier; quand il est brut, les intervalles se garnissent par le petit moïlon enfoncé dans les joints le plus avant qu'on peut, & bien arrasé, on continue de même pour les autres assises, observant tant qu'il se peut de conduire l'ouvrage de niveau sur toute sa longueur: on fait observer aux Maçons des retraites du côté du Fossé, de maniere que le prolongement du talud de la muraille qu'on veut elever ne porte point à faux, & afin qu'ils puissent mieux se conformer au profil qui en aura été fait, il est à propos de leur en donner un dessein en grand, exactement cotté, pour qu'ils sachent la hauteur & la largeur des re-

Fonde-
ment sur
un terrain
ordinaire
& de bon-
ne consi-
stance.

traites, cette partie de l'ouvrage étant de conséquence.

Quoique le bon fond se trouve ordinairement plutôt sur les terrains élevés, que dans les autres bas & aquatiques, il s'en rencontre pourtant d'excellents dans ces derniers, comme sont ceux de gravier, de marne, de glaise, d'autres d'une certaine terre bleuâtre qui est le plus souvent de bonne consistance, j'y comprendrai même le Sable bouillant qui est fort bon quand on sait s'y conduire avec adresse: on établit des fondemens sur tout ces terrains avec assés de confiance, c'est pourquoi je ne m'y arrêterai pas.

L'on est quelquefois contraint de creuser si avant pour trouver le bon fond, qu'on ne peut élever les fondemens jusqu'au rez-de-Chaussée sans des dépenses extraordinaires; en ce cas, Philbert de Lorme, Scamozzy, & plusieurs autres Architectes après eux, proposent de faire des piliers de distance en distance pour y élever des décharges, afin qu'à peu de frais l'on puisse gagner le rez-de-Chaussée.

Fondement par arcades ou décharges.

Comme le terrain, sur lequel on voudroit fonder les piles, peut se trouver d'inégale résistance, il seroit à craindre que par la suite le terrain de dessous, quelques piles venant à s'affaïssir, ne causât une grande rupture aux arcades, par conséquent aux murs qui seroient élevés dessus: pour prévenir cet inconvenient on a crû que le meilleur moyen étoit de faire, entre les piles, des arcades renversées, afin que si une des piles étoit moins assurée que les autres, elle se trouvât archoutée par les arcades voisines, qui ne pouvant céder à cause qu'elles sont soutenues par les terres qui sont au-dessous, il n'est pas possible que la pile puisse changer de situation, quand bien même elle porteroit à faux.

Maniere de détourner les sources.

Il arrive souvent, qu'en voulant établir des Fondemens on rencontre des sources qui incommode beaucoup le travail: il y a des gens qui prétendent les éteindre, en jettant dessus quantité de cendre mêlée de Chaux vive; d'autres veulent remplir de vif-argent les trous par où elles sortent, afin que par son poids il les contraigne à prendre leur cours d'un autre côté. Je crois que tous ces expédiens ne sont bons que dans la speculation, & qu'ils ne réussissent guère quand on veut les mettre en œuvre; le meilleur parti est de travailler promptement, & pour ne point être inondé à un certain point, il faut diriger les eaux par petites rigoles que l'on amenera à un puits fait au-delà de la tranchée, d'où on les tirera par des machines à mesure qu'elles viendront, on leur laissera le cours libre depuis leur origine jusqu'à ce puits, bordant les petites rigoles de chaque côté avec des Briques pour former de petits canaux que l'on

l'on couvrira de pierres plates, ainsi tout le fond de la tranchée sera mis à sec: cependant, pour prévenir que les sources ne deviennent par la suite nuisibles aux fondemens, il faut pratiquer dans la Maçonnerie des petits aqueducs, afin de leur laisser un cours libre du côté qui conviendra le mieux.

Il arrive quelquefois qu'un terrain sur lequel on veut fonder ne se trouve pas bon, & que voulant approfondir pour en chercher un meilleur, on le rencontre encore plus mauvais; en ce cas, il vaut mieux ne s'enfoncer que le moins qu'on pourra, & établir, sur toute la longueur des fondemens, un bon grillage assemblé avec des longrines & traversines de 9 à 10 pouces de grosseur, les vuides ou cellules qu'elle forme se remplissent d'une bonne Maçonnerie de Brique ou de Moïlon: il y en a qui couvrent le tout d'un plancher de gros madriers bien arrêtés sur le grillage avec des chevilles de fer enfoncées à tête perdue; comme ce plancher paroît d'une dépense assés inutile, il suffit d'élever la maçonnerie immédiatement sur le grillage, observant de faire le parement de bonne pierre de taille jusqu'au rez-de-Chaussée, & même plus haut si l'ouvrage en merite la peine. Comme ces sortes de fondations ne sauroient avoir de trop grands empattemens, il est bon de faire le grillage d'un pied & demi ou deux plus large que n'eussent été les fondemens, si on les avoit établis dans un bon terrain; & afin de prévenir tout accident, il convient d'attacher sur le bord du grillage du côté du fossé, un heurtoir de 8 ou 10 pouces au moins, qui, régnant sur toute la longueur des fondemens, empêchera que le pied du revêtement ne puisse glisser, sur-tout s'il étoit assis sur un plancher, ce qui n'est pas sans exemple. A Bergue St. Vinoc, où le terrain est fort mauvais, il est arrivé que le revêtement de la face d'une demi lune s'est détaché, & a été glissé tout d'une piece jusques dans le milieu du Fossé: cela s'est fait avec des circonstances si singulieres, à ce que j'ai appris par les Ingenieurs qui étoient alors dans cette place, que cet accident semble tenir quelque chose du merveilleux.

Fondemens avec des grilles, &c.

Cette façon de fonder n'est pas toujours bonne dans toute sorte de terrain, aussi ne l'emploie-t-on guères que dans de petites parties de fondation, qui, n'étant point si bonnes que celles qui leur sont contiguës, ne laissent pas la liberté d'approfondir davantage sans de grands inconveniens: cependant, on peut la rendre excellente dans un terrain aquatique, si, après avoir posé le grillage, on enfonce dans les cellules, des pilots de *remplage* ou de *compression* sur toute l'étendue des fondemens; ces pilots doivent être plantés au nombre d'un ou deux seulement dans chaque cellule diagonalement

Fondation sur pilotis,

op-

oposés, & pour mieux assurer les fondemens, on pourra, si on le juge nécessaire, battre tout au tour du bord qui répond au Fossé, des pilots de bordage ou de gardes posés près à près, & le long de ces pilots un fil de palplanche pour empêcher le courant des eaux, s'il s'en trouve, de dégraver la Maçonnerie; les vuides du grillage, autour de la tête des pilots, doivent être remplis de gros quartiers de pierre, & après les avoir bien arrassés on asséiera la Maçonnerie élevée par assise réglée, afin qu'elle porte également par tout.

Autre ma-
niere de
fonder sur
pilots.
FIG. 1.
& 2.

Quoique cette maniere de fonder soit bonne, je crois pourtant qu'on ne feroit pas mal d'y changer quelque chose pour la rendre encore plus solide. C'est de commencer par enfoncer des rangées de pilots tout le long des fondemens, par exemple pour un revêtement de rempart, après avoir tracé l'épaisseur que doivent avoir les fondemens & les contreforts, on enfoncera au refus du mouton quatre rangées de pilots, une sur l'alignement extérieur, l'autre sur l'intérieur, & deux dans le milieu; en sorte que les pilots soient séparés les uns des autres d'environ deux pieds. On en plantera deux sous les angles des contre-forts, & deux autres entre la queue & la racine, comme on le remarque dans le premier profil, où les têtes de ces pilots sont ponctuées: après les avoir récépés à niveau, on appliquera dessus des racinaux ou longrines, & sur ces longrines un rang de traversines pour former un grillage, dont chaque croisée sera bien clouée & arrêtée sur la tête du pilot qui lui répond, & selon cette maniere le grillage sera incomparablement plus ferme que dans la pratique précédente: après cela on enfoncera des pilots de remplage, & l'on pourra élever la Maçonnerie en toute seureté.

Attention
sur la ma-
niere de
piloter.

Quand on enfoncera des pilots, il faut avoir égard d'employer toujours les plus longs & les plus forts sur les bords des fondemens, puisque si l'ouvrage a quelque danger à craindre par la suite, ce sera plutôt de ce côté-là qu'il manquera, que dans le milieu: pour travailler avec précaution, il y a bien de petites attentions à faire sur la maniere de piloter; & pour ne rien omettre, voici comme on pourra s'appercevoir de quelle longueur & de quelle grosseur on doit employer les pilots selon le terrain où l'on aura à travailler.

Il faut enfoncer un pilot jusqu'au refus du mouton, en sorte qu'on puisse connoître à quelle profondeur le fond fait une assez grande résistance, pour s'opposer fortement à la pointe; ainsi sachant de combien il sera enfoncé, on verra à peu-près la longueur qu'il faudra donner; je dis à peu-près, devant les faire un peu plus longs que celui qui aura servi de sonde, puisqu'il se peut rencontrer des en-
droits,

droits, où le terrain résistant moins, ils pourront aller plus avant.

La longueur de pilots étant déterminée, il faut, pour y proportionner leur grosseur, qu'ils ayent de diamettre environ la 12 partie de leur longueur, c'est-à-dire, que ceux qui auront 12 pieds, doivent avoir environ 12 pouces de diamettre. Mais cette regle ne doit avoir lieu que pour les petits pilots depuis 6 pieds de longueur jusqu'à 12; car quand ils en ont 18 ou 20, il suffit de leur donner 13 ou 14 pouces de diamettre, autrement il faudroit employer des arbres trop recherchés, ce qui augmenteroit considérablement la dépense.

On fait que pour enfoncer les pilots, on les fait en pointe de diamant; il faudra prendre garde de ne pas faire cette pointe trop longue ni trop courte: car si elle est trop courte elle ne s'enfoncera pas aisément, & si elle est trop longue elle se trouvera affoiblie, de maniere que pour peu qu'elle rencontre des parties qui lui résistent, elle s'émoussera; le mieux est de lui donner pour longueur une fois & demi ou deux fois au plus le diamettre du pilot. Quand le terrain dans lequel on les enfonce ne résiste pas beaucoup, on se contente de brûler cette pointe pour la durcir, on en fait de même à la tête pour empêcher que les coups de mouton ne l'éclatent; mais si l'on s'aperçoit qu'il se rencontre dans le terrain des pierres ou quelque autre chose qui résiste fortement & en émoussé la pointe, on l'arme d'un *sabot* de fer, qu'on nomme aussi *lardeur*, qui est retenu par trois ou quatre branches clouées au pilot, l'on couronne aussi la tête du pilot d'une ceinture de fer que l'on nomme *frette*, pour la tenir serrée contre les coups de mouton, & pour lors l'on dit que les pilots sont *frettés*: l'on proportionne comme j'en ai déjà fait mention la distance des pilots à la quantité qu'on croit avoir besoin selon la qualité du terrain; mais au plus près qu'on puisse les mettre, il faut au moins qu'ils soient séparés l'un de l'autre de l'intervalle d'un de leur diamettre, afin qu'ils aient assés de terre pour les entretenir.

Quand on veut garnir les devant des Fondemens par des pilots de bordage, on y fait quelquefois des rainures qui se répondent diamétralement, dans lesquels on introduit des palplanches, on choisit les pilots les plus droits que l'on équarrit pour être employés plus facilement, la largeur des rainures se proportionne à l'épaisseur des palplanches; mais on leur donne environ un pouce de plus pour qu'elles puissent s'y introduire sans difficulté; ainsi quand les palplanches ont deux pouces d'épaisseur, les rainures doivent en avoir trois de largeur sur deux de profondeur. On observera aussi que l'épaisseur des palplanches doit être réglée sur leur longueur, par exemple

H

ple

ple si elles ont 6 pieds, elles doivent avoir au moins 3 pouces, si elles en ont 12 qui est ordinairement la plus grande longueur de ces sortes de bois, leur épaisseur sera de quatre pouces.

Pour assembler les pilots avec les palplanches, on commence par enfoncer deux pilots à plomb à une distance proportionnée à la largeur des palplanches qui est le plus souvent de 12 à 15 pouces, ensuite l'on enfonce une palplanche avec le mouton pour la faire entrer à force entre les deux rainures, de façon qu'elle écarte tant soit peu le pilot; après cela on plante un autre pilot & une palplanche, l'on continuë de la même manière à battre alternativement un pilot & une palplanche. Si le terrain résiste à la pointe des palplanches, on les arme d'un sabot de fer, & on les frette ainsi que les pilots.

Quoique de tout tems on se soit servi de pilots pour affermir un mauvais terrain, il se rencontre néanmoins bien des occasions où il seroit dangereux de les employer; par exemple, s'il étoit question d'un endroit aquatique où il y eut un grand nombre de sources, il ne faut pas croire que les pilots soient fort utiles pour y établir des fondemens, mais au contraire, puisqu'on a remarqué qu'en les enfonçant on éventoit les sources, qui fournissoient de l'eau avec tant d'abondance, que le terrain devenoit incomparablement plus mauvais qu'il n'étoit auparavant: & ce qu'on trouvera assés extraordinaire, c'est qu'ayant enfoncé des pilots à refus de mouton avec autant de difficulté que si ç'avoit été dans un bon fonds, on étoit étonné de voir que ces mêmes pilots étoient sortis de terre le lendemain, ou quelques heures après, parce que l'eau des sources les avoient repoussés en faisant effort pour sortir, desorte qu'il falut renoncer à s'en servir davantage, & avoir recours à quelqu'autres moyens beaucoup plus difficiles à executer, que ceux dont on auroit pû se servir d'abord, si au lieu de faire naître des difficultés, on avoit cherché à les prévenir; ce qui fait voir la nécessité de raisonner meurement sur la nature du travail que l'on a à faire, avant de mettre la main à l'œuvre.

L'inconvénient que nous venons de remarquer arrive le plus souvent dans les lieux où l'on rencontre du Sable bouillant qui est une espece de terrain, qu'il importe fort de bien connoître: car comme l'eau qui bouillonne en sortant de terre quand on passe dessus ne vient que de l'abondance des sources qui s'y trouvent, il faut bien prendre garde de ne pas l'éventer en voulant s'y approfondir; puisque, plus on voudra s'obstiner à y creuser des fondemens, moins l'on sera en état de les executer: le meilleur parti est

de

de ne s'y enfoncer que le moins qu'on pourra, & ensuite fonder hardiment & sans autre sujétion que celle que nous allons décrire.

Fondation
sur le sable
bouillants

Ayant tracé les alignemens & fait les amas de matériaux nécessaires, on ne découvrira le terrain qu'à mesure qu'on fera la maçonnerie; c'est-à-dire que si on peut faire par jour 6 toises courantes de fondemens, on n'en découvrira pas davantage; ensuite l'on asseoir avec le plus de diligence qu'il sera possible une première assise de gros libages plats, & sur celle-ci une autre bien arrangée à joints recouverts en bain de bon mortier composé de terrasse ou bien de cendrée de Tournay, sur cette seconde une troisième, ainsi de suite avec toute la promptitude possible, pour ne pas donner le tems aux sources d'inonder le travail, comme cela est assez ordinaire. Il arrive quelquefois que l'on voit flotter les premières assises, & que la Maçonnerie semble ne pouvoir prendre consistance; mais il ne faut pas s'en allarmer, aller son train, & continuer toujours s'il est possible sans interruption, & quelque tems après la Maçonnerie s'affermira comme si elle étoit établie sur le roc: c'est pourquoi l'on peut élever le reste sans appréhender que l'ouvrage manque par le pied, ni que les fondemens s'enfoncent guères plus, après avoir reçus toute leur charge, qu'ils l'étoient au commencement; il faut seulement prendre garde sur toute chose de ne pas creuser autour, crainte d'y attirer l'eau de quelque source qui pourroit dégraver la Maçonnerie, & causer de grands dommages: enfin, je dirai pour justifier cette manière de fonder, qu'on ne s'y prend pas autrement à Douay, Lille, & Bethune, quand il est question de revêtir quelque ouvrage de Fortification dans un terrain comme celui-ci qui y est assez ordinaire.

A Arras & à Bethune il y a encore un terrain tourbeux qu'il est nécessaire de connoître pour pouvoir y fonder hardiment: ayant cela de particulier, que dès qu'on veut creuser un peu avant, il en sort une quantité d'eau prodigieuse. Après avoir tenté toutes sortes de voyes, on a trouvé que le plus court & le plus sûr parti étoit d'y fonder hardiment avec de bons matériaux, ne s'enfonçant que le moins qu'il est possible sans employer ni grillage, ni pilots, & l'ouvrage se maintient ferme & solide sans courir aucun risque.

Quand on rencontre de semblables terrains que l'on ne connoît point parfaitement, il est bon de ne le fonder qu'à une certaine distance de l'endroit où on le veut travailler, parce que si l'on venoit à creuser trop avant, & qu'il en sortit une grande quantité d'eau, on n'en sera pas incommodé. C'est ici où je crois qu'on pourroit se servir mieux que par-tout ailleurs de la Maçonnerie de pierrées dont

j'ai parlé ci-devant ; car comme elle est d'une prompte execution , & que toutes les parties se lient bien , on pourra en y mêlant de la terrasse de Hollande & de la Cendrée de Tournay , faire un massif excellent , auquel donnant seulement deux pieds ou deux pieds & demi d'épaisseur , on formera une espece de banc sur lequel on pourra élever la Maçonnerie plus seurement que si l'on faisoit un grillage , & même que si l'on avoit rencontré un sable ou un gravier bien ferme ; mais quand on prend ce parti il faut donner beaucoup d'empatement à la Fondation , afin qu'embrassant une plus grande étendue elle soit établie plus solidement.

Il y a encore une autre maniere de fonder par coffres , qui est bien differente de celle dont j'ai parlé jusqu'ici ; on s'en sert dans les lieux où les terres n'ont point de cervelles & où l'on a à se garantir des sources & des éboulemens , on commence par creuser à une profondeur convenable , un espace de quatre à cinq pieds de longueur & dont la largeur est réglée sur l'épaisseur que doivent avoir les Fondemens : on se sert de madriers d'environ deux pouces d'épaisseur que l'on applique de long des bords de la tranchée pour en soutenir les terres , les maintenant avec des étraillons qui traversent la fondation d'espace en espace , & dont les bouts sont appuyés & chassés à force contre les madriers opposés ; après avoir coffré ainsi jusqu'à la profondeur où l'on peut atteindre sans être inondé , on remplit ce coffre d'une bonne Maçonnerie , quand les madriers se trouvent appuyés par la Maçonnerie , on ôte les étraillons à mesure. Quand ce coffre est bien rempli , on en creuse à côté un autre semblable , dont la longueur aussi-bien que celle du premier dépend de la facilité que l'on a d'embrasser un espace plus ou moins grand sans être incommodé des sources : cependant , malgré les précautions que l'on peut prendre , il arrive souvent que l'eau pousse tout d'un coup sans qu'on puisse l'empêcher ; mais il est facile de la surmonter , car comme le terrain n'est guère découvert , un peu de célérité vous met bien-tôt hors d'embaras , au lieu que si l'on s'y prenoit autrement , on se trouveroit inondé de toute part d'un nombre de sources qui se déclareroient en même tems , qu'on ne pourroit éteindre sans des difficultés presque insurmontables.

Ayant fait trois ou quatre coffres de suite , & la Maçonnerie des premiers étant bien affermie , on fait en sorte d'en retirer les madriers pour s'en servir ailleurs , & si on ne peut avoir ceux qui sont au fonds , sans courir risque de donner une issue à une source qu'on auroit surmontée , on prend le parti de les abandonner.

Quand

Quand on veut élever quelque édifice dans l'eau, où l'on ne peut faire d'épuisement, (comme dans la mer) on a recours à une maniere de fonder, qui paroîtra d'abord être peu solide, mais qui est pourtant de durée, quand on y apporte toutes les precautions necessaires ; ces sortes de fondemens s'appellent à *Pierre perdue*, ou *Enrochement* ; voici comme on les pratique.

On commence par remplir de pierres une grande quantité de bateaux, que l'on conduit près de l'endroit où on veut les employer ; on profite du tems que la Marée est basse pour établir les alignemens, & égaliser autant qu'il est possible le fond sur lequel on veut travailler, qui doit être non seulement de toute la capacité que doit occuper l'édifice qu'on a en vûë, mais beaucoup au-delà, afin d'avoir une Berme considerable, qui regnant au tour de la muraille, en assure davantage le pied : tous les materiaux étant prêts d'être employés, & ayant choisi le tems le plus convenable, on jette un lit de pierre de Moilonage telle qu'elle sort de la carrière, ou des cailloux ; sur ce lit-ci on y en fait un autre de Chaux, mêlée de Pozzolane ou de Terrasse ; après cela on jette encore un autre lit de Moilon ou de cailloux, qu'on couvre derechef de Chaux & de Pozzolane, on continuë alternativement un lit de pierre, & un autre de Chaux & de Pozzolane, & il se fait sur le champ un mastic qui rend cette Maçonnerie dure & solide, comme celle qui feroit faite avec plus de précaution, par la propriété admirable de la Pozzolane & de la Terrasse ; car quoi qu'on ne puisse pas travailler de suite, à cause des tourmentes de la mer, ou de la trop grande hauteur des eaux, on peut continuer par reprise sans que cela porte aucun préjudice à la bonté de l'ouvrage. En jettant les pierres on a soin de répandre les plus grosses vers le bord, où l'on observe de faire un talud qui soit au moins de deux fois sa hauteur. Après que l'enrochement fera élevé aussi haut qu'on l'aura jugé nécessaire, pour atteindre son rez-de-Chaussée, & pour n'être point submergé, il est bon de le mettre à l'épreuve pendant plusieurs années, des tourmentes de la mer, & pendant ce tems-là, il faut le surcharger de tous les materiaux necessaires pour l'établissement de l'édifice qu'on veut élever, & même au-delà s'il se peut, pour lui donner tout le poids qu'il pourra jamais porter, afin qu'il s'affaisse dans tous les endroits où le sable peut être moins assuré. Quand au bout d'un certain tems, l'on voit qu'il ne lui est arrivé aucun accident considerable, on établit dessus de bons grillages couverts d'un plancher de gros mardriers, sur lequel on asséoit l'édifice.

Quand on peut battre des pilots tout autour de l'espace que doit

H 3

occu-

Fonde-
ment de
pierre per-
due.

FIG. 6.
& 7.

occuper l'enrochement, on pourra y faire un bon empattement, qui garantira le pied des degravoyemens qui pourroient arriver dans la suite, & par ce moyen l'ouvrage en fera bien plus assuré, & n'aura en quelque façon rien à craindre; l'on a aussi soin de faire au pied la muraille une risberme composée de facinage & de grillage, comme on le pratique aux jettées, pour empêcher que dans un gros tems il ne survienne des vagues qui pourroient faper le mur: malgré toutes les precautions qu'on peut prendre, il est toujours bien dangereux de bâtir dans la mer; cependant, nous avons en France plusieurs édifices de la nature de ceux dont je viens de parler, qui subsistent depuis long-tems, sans qu'il leur soit arrivé aucun accident.

Je viens de supposer un enrochement fait dans la mer, pour montrer comme on peut surmonter les plus grands obstacles qui se rencontrent en fondant; mais il y a une infinité d'autres endroits où on peut s'en servir utilement & avec bien plus de succès, comme dans les rivières, les lacs, les étangs, & tous les lieux où on ne peut parvenir à établir de fondemens à sec. Vitruve, dans le 12. Chapitre de son 5. Livre, parlant des jettées qui se font aux ports de mer, détaille assez bien la Maçonnerie à pierre perdue, ce qui joint à d'autres recherches que j'ai faites sur ce sujet, j'en aurois pu parler plus à fond que je ne viens de faire; mais, comme ces sortes d'ouvrages appartiennent à l'Architecture Hydraulique, on trouvera dans le second volume de quoi se dédommager de ce qui manque ici, je n'en aurois même fait aucune mention présentement, si je n'avois crû qu'il étoit à propos de donner dans ce Chapitre une idée générale de toutes les différentes manières de fonder.

Il y a encore un autre moyen de fonder dans les endroits que nous venons de supposer, qui est de se servir de Caïssons dans lesquels on maçonne à Chaux & à Sable; ces Caïssons ne sont autre chose qu'un assemblage de charpente bien calfaté: on commence par les conduire & les arranger tous d'alignement à l'endroit où l'on veut fonder, on les arrête par des cables qui passent dans des anneaux de fer qui sont attachez aux Caïssons: après les avoir bien disposés, on y met des Maçons qui les remplissent de bonne Maçonnerie; à mesure que l'ouvrage avance, le poids des pierres fait enfoncer les Caïssons dans l'eau jusqu'à ce qu'ils aient atteint le fond, c'est pourquoi l'on proportionne la hauteur des Caïssons à la profondeur de l'eau qu'il y a dans le lieu où l'on travaille, & l'on observe même de les faire deux ou trois pieds plus hauts, afin que les ouvriers n'en soient point incommodés; mais quand la pro-
fon-

fondeur de l'eau est considerable, & qu'on ne peut pas atteindre le fond sans donner aux Caïssons une hauteur extraordinaire, on prend le parti d'en augmenter la hauteur avec des hausses, à mesure qu'il approche du fond.

Quelquefois l'on établit les Caïssons sur un enrochement quand le lit sur lequel on veut fonder n'est pas uni, soit à cause des trous, ou des petits bancs de sable, ou bien quand les eaux sont par trop hautes. Fig. 4.
& 5.

Si l'on vouloit rapporter toutes les différentes manieres de fonder selon les occasions qui se peuvent presenter, je ne finirois jamais: c'est pourquoi je me tiendrai à l'idée que je viens d'en donner, me reservant pourtant d'entrer encore dans quelque détail sur ce sujet quand la chose en méritera la peine, comme par exemple, pour les fondemens des Ponts de Maçonnerie, des Ecluses, & autres ouvrages, qui demandent beaucoup d'attention, pour les établir solidement, & que j'ai traité à fond dans le second volume; cependant le peu que je viens d'insinuer pourra donner assés de connoissance à ceux qui ont dessein de s'appliquer à l'Architecture, pour que d'eux mêmes ayant un peu de pratique & d'intelligence, ils puissent faire le choix qui conviendra le mieux, entre les differens moyens que je propose.

Je n'ai point parlé jusqu'ici de la profondeur qu'il falloit donner aux fondemens, parce qu'il est assés difficile de la determiner, dependant en quelque sorte de la nature du terrain où l'on travaille; mais je ferai au moins remarquer, que la plûpart des Architectes font des dépenses fort inutiles, leur donnant une grande profondeur, qui ne contribuë en rien à la solidité de l'édifice, car de deux choses l'une, le terrain sera bon, ou il sera mauvais; s'il est bon, on peut bâtir en toute assurance; s'il ne l'est pas, on en fera quitte en faisant un bon plancher de madriers ou de grillage, sans creuser plus avant pour chercher un autre fond, qu'on ne trouveroit peut-être pas meilleur, & si le terrain est mouvant ou marecageux, il y a encore moins de raison d'aprofondir, puis qu'on sera toujours contraint de piloter; or, dans tous ces cas, la profondeur des fondemens ne fera rien pour la solidité des murs qu'on veut élever, le tout est de les établir sur une base ferme & bien assurée, si on ne la rencontre point telle qu'on peut la souhaiter, il faut avoir recours aux expédiens que nous venons de dire; on n'en a pas usé autrement pour tous les grands édifices qui subsistent depuis tant de siècles: les fondemens de l'Eglise de Notre-Dame de Paris, qui est un Vaisseau des plus considerables, quoi que bâti dans un fort mauvais

vais terrain, n'ont presque pas de profondeur ; tous ceux des Ponts de la même Ville n'en ont que fort peu non plus, & ne se soutiennent pas moins, tandis qu'on voit donner à de simples maisons, des fondemens de sept à huit pieds de profondeur, sans faire attention que leur quatre faces, formant un parallelepiped, doivent se soutenir par leur propre poids ; que si on en voit quelque fois manquer par le pied, il ne faut pas penser que cela vienne de ce que leurs fondemens n'ont pas eu assez de profondeur ; mais parce qu'on ne les a bâtis que peu à peu, c'est-à-dire qu'il y aura eu des reprises d'ouvrages, où la vieille Maçonnerie ne se fera pas liée avec la nouvelle, de-là il arrive que si un mur est affermi parce qu'il aura été bâti le premier, l'autre ne l'est pas pour avoir été fait plus tard, & tous ces murs venant à être chargés ensemble, le fardeau étant inégalement porté, la partie la plus foible flechit, tandis que l'autre résiste. Ajoutons à cela qu'un côté peut avoir été travaillé avec de bons matériaux, & l'autre fait avec moins de précautions : ainsi ce qu'on attribue au défaut des fondemens, provient presque toujours de la mauvaise façon.

Mais si dans un bâtiment on commence par creuser les tranchées de tous les murs, & qu'après les avoir mises de niveau, on y établit une bonne Maçonnerie, toujours conduite à même hauteur, & dont toutes les parties différentes soient bien liées, & qu'ensuite on élève dessus dans le même tems les pignons & les refends, on peut s'assurer que quand les fondemens n'auroient que deux ou trois pieds au plus de profondeur, l'ouvrage ne court aucun danger, au lieu que s'il n'est conduit que par parties, & qu'on tombe dans les défauts que je viens de remarquer, quand ces fondemens auroient 15. à 20. pieds, le bâtiment ne seroit pas moins sujet à tous les inconviens que la mauvaise façon peut causer.

S'il étoit question de quelque gros mur d'enceinte ou de quay, il faudra non seulement avoir toutes les attentions dont on vient de parler, mais être plus attentif à leur faire des empattemens larges & bien assis, qu'à les faire profonds, & cette largeur qui excédera celle du mur, doit particulièrement regner du côté opposé où le mur aura quelque effort considérable à soutenir, soit de la part de la poussée des terres, ou de celle d'une voute ; on en doit sentir la nécessité, par ce qui a été dit dans le premier livre ; on est pourtant quelquefois obligé de donner de la profondeur aux fondemens quoique le terrain soit bon, ce qui se fait lors qu'on travaille sur le bord d'une rivière, afin de se mettre au-dessus de son lit, crainte que les eaux ne viennent par la suite à dégraver le terrain,

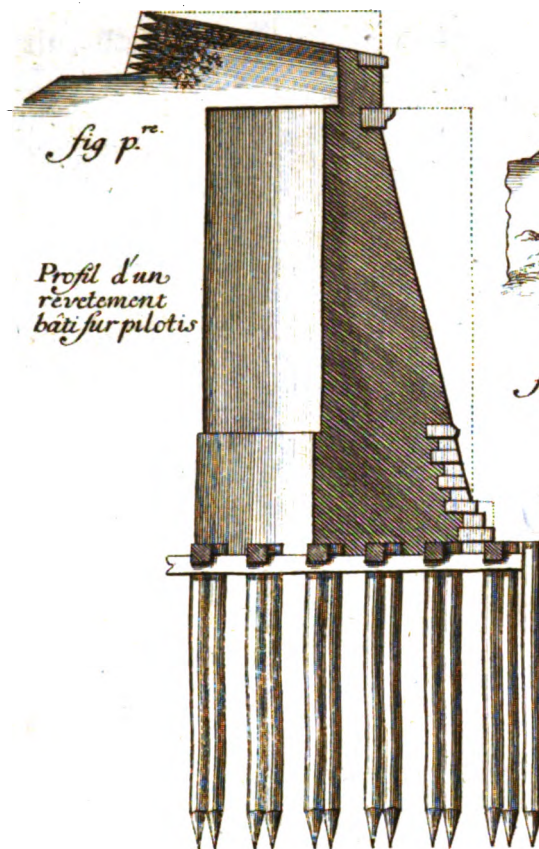


fig p.^{re}

*Profil d'un
revêtement
bâti sur pilotis*

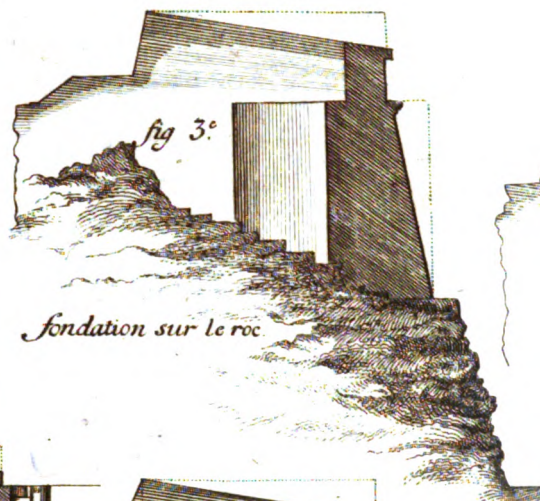


fig 3.^e

Fondation sur le roc

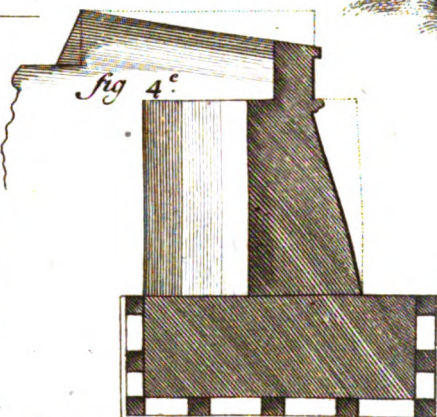


fig 4.^e

Fondemens avec des Cofres ou Caïssons

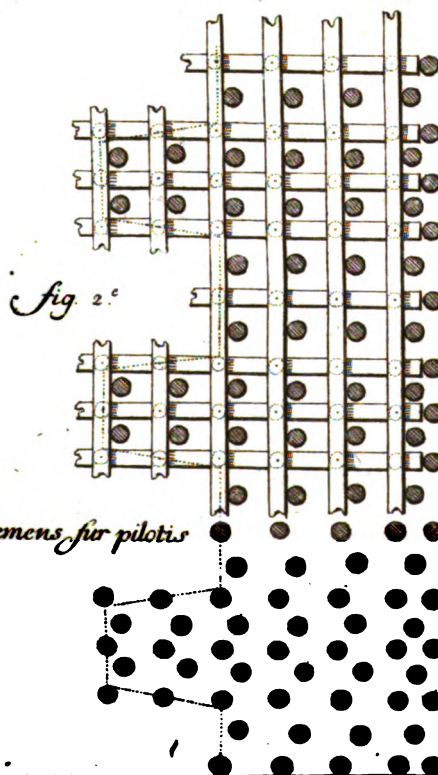


fig 2.^e

Fondemens sur pilotis

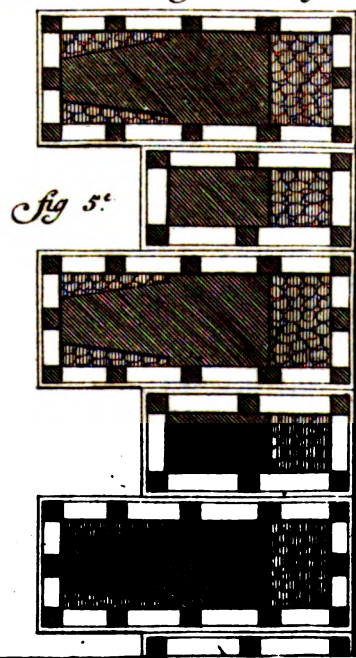


fig 5.^e

P
d
à l
seu
qu'
ret
n'o
pa
m
de
re
c'e
ci
é
n
n
qu
pre
ne f
pas a
de cl
des pie
mur

ne le
faut qu
car il e
doiv
que
par c

terrain, & à miner les fondemens, ce qui est fort à craindre quand on est dans le voisinage d'une Ecluse, où il y a une grande chute d'eau.

Puisque nous en sommes sur l'épaisseur des fondemens, il est à propos d'en dire quelque chose, paroissant y avoir encore ici des difficultez qui ont besoin d'être examinées.

Les fondemens d'un mur étant la base sur laquelle il est établi, il semble que la largeur de cette base doit être proportionnée, non seulement à l'épaisseur du mur, mais plus encore à sa hauteur, & qu'on doit suivre une certaine regle pour déterminer la largeur des retraites du rez-de-Chaussée; mais c'est ce que les Architectes n'ont point fait que je sache: il est bien vrai qu'ils ont parlé de l'épaisseur qu'il falloit donner aux fondemens, par raport à celle du mur qu'ils devoient porter; mais, ils n'ont pas eu égard à la hauteur de ces murs. Par exemple, Scamozzi veut que l'on donne pour retraite de chaque côté, la huitième partie de l'épaisseur du mur, c'est-à-dire, que s'il a quatre pieds d'épaisseur, il faudra en donner cinq aux fondemens. Philbert de Lorme fait ses fondemens plus épais, donnant pour retraite de chaque côté, un quart de l'épaisseur du mur; ainsi, à un mur de quatre pieds d'épaisseur, il en donne six aux fondemens. Palladio les fait encore plus épais, voulant qu'ils ayent le double de l'épaisseur du mur: & ce qu'il y a de surprenant, comme je le viens de dire, c'est que ni les uns ni les autres ne font aucune mention de la hauteur des murs; cependant il n'y a pas de raison de donner autant d'épaisseur aux fondemens d'un mur de clôture d'une hauteur mediocre qui ne porte rien, qu'à ceux des pieds droits d'une voute fort élevée & massive, ou d'un autre mur qui doit porter plusieurs grands planchers, chargés de fardeaux considerables, comme aux Arsenaux & aux Magasins pour les vivres; car, il n'y a point d'édifice dont les murs n'ayent quelque poussée à soutenir, & c'est ce qui fait qu'ils surplombent plutôt en dehors qu'en dedans: d'ailleurs, quand un mur est fort élevé, & qu'il n'a qu'une épaisseur mediocre, si l'empattement n'est pas proportionné à l'élevation, pour peu que le mur vienne à s'incliner la longueur du bras de levier a un si grand avantage sur la resistance que les fondemens peuvent rencontrer de la part du terrain, qu'il faut que ce terrain soit d'une solidité extrême, pour ne pas flechir: car il est bon de faire attention ici, qu'un mur & ses fondemens doivent être considérés comme ne faisant qu'un seul corps, quoique j'aye supposé le contraire dans le premier & le second Livre: par consequent, si le point d'appui, au lieu de repondre au rez-de-

I

Chauf-

Chaussée, se trouve sur le bord de la première assise des fondemens, il faut nécessairement, pour qu'un mur fort élevé soit aussi bien assis qu'un autre plus bas, qu'il y ait une proportion entre l'épaisseur de leur fondement; & cette proportion est sur-tout essentielle, quand le mur qui a le plus d'élévation n'a qu'une médiocre épaisseur, comme sont par exemple la plupart des pignons. Or pour savoir à quoi nous en tenir, sans adopter aucune des règles des Architectes que je viens de citer, nous supposerons qu'un mur de 20. pieds de hauteur sera parfaitement assuré sur sa base, quand on donnera à ses fondemens quatre pouces d'épaisseur de plus de chaque côté que n'en a le mur, c'est-à-dire, que s'il avoit deux pieds d'épaisseur, ses fondemens auroient deux pieds huit pouces: présentement, voulant savoir quelle épaisseur il faut donner aux fondemens d'un mur qui auroit 50. pieds de hauteur, je fais abstraction pour un moment de l'épaisseur de ce mur, pour n'avoir égard qu'aux retraites qu'on doit donner de chaque côté pour faire cette proportion: si à un mur de 20. pieds de hauteur il faut donner 4 pouces de retraite de chaque côté, combien en faudra-t'il donner à un mur de 50. pieds; faisant la règle on trouvera que chaque retraite doit être de dix pouces, par conséquent si le mur avoit trois pieds d'épaisseur, il faudroit donner à ses fondemens quatre pieds 8. pouces, de même s'il étoit question d'un mur de 80. pieds, on suivra toujours la même proportion, en prenant 20. pieds pour premier terme, & quatre pouces pour le second.

Quand on voudra élever des murs qui ont quelque poussée à soutenir, il n'est pas nécessaire de les asséoir sur le milieu des fondemens, il vaut beaucoup mieux, après en avoir trouvé l'épaisseur, donner plus de largeur à la retraite qui répond au point d'appui, qu'à l'autre: je voudrois même la faire double; c'est-à-dire, qu'ayant trouvé par la règle précédente, qu'il faut donner dix pouces de retraite de chaque côté aux fondemens d'un mur de 50. pieds de hauteur, & qui est chargé d'un grand comble, & de plusieurs planchers, qu'ayant ajouté ensemble les deux retraites qui font 20. pouces, on en donnera 13 ou 14 à la retraite du dehors, & six ou 7 à celle du dedans, ainsi le bras de levier qui répond à la puissance résistante, se trouvant allongé par rapport au centre de gravité de la muraille, le tout sera beaucoup plus assuré, & il n'arrivera pas les défauts que l'on remarque dans la plupart des bâtimens.

CHAPITRE DIXIÈME.

Où l'on enseigne comme l'on doit employer les Matériaux qui composent la Maçonnerie.

LA meilleure de toutes les Maçonneries est sans difficulté celle qui est faite de pierres de taille; mais, comme cette pierre est assés rare, il n'est pas ordinaire de faire des Bâtimens qui en soient tout composés: l'on se contente seulement de les employer pour les soubaitemens des gros murs, aux encoigneures des Edifices, & aux angles des revêtemens des ouvrages des Fortifications: pour la mettre en œuvre, l'on en prépare de deux especes; la premiere, que l'on nomme *carreau* ou *panneresse*, est celle dont la largeur excède la longueur; la seconde, que l'on nomme *boutisse*, est celle dont la longueur excède la largeur; les panneresses font parement de toute leur largeur, & les boutisses de leur tête seulement, leur queue faisant partie de l'épaisseur du mur: c'est ainsi qu'on les distribue dans chaque assise, observant de placer une boutisse, ensuite une panneresse, successivement une boutisse & une panneresse posées plain sur joint; c'est-à-dire que les joints perpendiculaires de la seconde assise répondent au milieu des pierres de la premiere, ainsi des autres qui sont au-dessus: pour cela l'on fait les assises bien réglées, en sorte que les carreaux & les boutisses ayent la même hauteur, afin que les joints horizontaux qui regnent sur toute la longueur du mur, fassent des lignes parallèles & de niveau: à mesure que l'on pose une de ces assises, on garnit le reste de l'épaisseur du mur de briques ou de moilon maçonné avec de bon mortier, & quand il n'est que d'une médiocre épaisseur on tâche d'avoir des boutisses assés longues pour quelles puissent le traverser & faire parement des deux côtés, ce qui rend la Maçonnerie beaucoup plus solide par la liaison qui se fait du parement avec le reste du mur; & quand cela se pratique ainsi, les boutisses qui font parement des deux côtés se nomment pierres de *parpain* ou *parpaigne*.

Quand on construit quelque Edifice militaire dont les murs doivent être d'une épaisseur considérable comme de 5 ou 6 pieds, on emploie de la graisserie au parement jusqu'à une certaine hauteur, de la brique pour le parement interieur, & le reste de l'épaisseur se fait de moilon; or, pour que le tout soit en bonne liaison, on em-

ploye la graissérie comme on vient de le dire; à l'égard de la brique, on commence par poser une première assise de deux briques & demi d'épaisseur, une seconde de deux briques, & une troisième d'une & demi, chaque assise bien arrasée avec du moilon, après quoi on recommence tout de nouveau une assise de deux briques & demi, une seconde de deux briques, & une troisième d'une brique & demi toujours bien liées & arrasées avec le moilon & la graissérie. Quand on est parvenu à la dernière assise de graissérie & qu'on veut faire de brique le reste de la hauteur du parement, on la pose par assise réglée comme on vient de le voir pour l'intérieur, & afin de rendre la liaison plus parfaite, on peut de trois en trois assises faire une chaîne de deux briques d'épaisseur sur toute l'étendue de l'ouvrage posées plain sur joint.

Les soubassements d'un mur étant faits, si on élève le reste du parement avec du moilon, on a soin de le bien ébousiner & de le tailler jusqu'au vif, l'on se sert encore de boutisses & de panneresses, en observant toujours de ne les poser que plain sur joint, car ce seroit un défaut grossier de voir deux ou plusieurs joints perpendiculaires sur un même alignement, parce que le mur n'en seroit pas si solide, & choqueroit le coup d'œil. Dans les ouvrages que l'on veut faire proprement, on a égard, non-seulement de donner la même hauteur à toutes les pierres qui doivent composer les assises; mais encore de les tailler de façon que la largeur des panneresses soit double de celles de la tête des boutisses, afin d'observer une bonne liaison & un certain ordre de symétrie qui fait un fort bel effet.

Les Anciens étoient extrêmement attentifs à travailler les parements des Edifices considérables: ils en rendoient les joints presque imperceptibles, ce qui a fait croire, comme il y a toute apparence, qu'il leur arrivoit quelquefois de bâtir sans mortier, aimant mieux tailler les pierres si justes, que leur situation & leur poids pussent suffire pour donner à l'ouvrage toute la fermeté possible. Ils avoient encore recours à une pratique assez ingénieuse pour rendre les parements polis: ils tailloient bien proprement les faces des pierres qui devoient être unies les unes contre les autres, & laissoient un pouce de velu à celles qui devoient composer le parement, quand l'ouvrage étoit entièrement achevé on recoupoit ces pierres en ravalant; ainsi, quand ils se servoient de mortier, il ne paroissoit presque point, & le tout ne sembloit être composé que d'une seule pierre.

Outre les pierres de parement dont on vient de parler, & que l'on

l'on nomme *de grand appareil*, on en distingue encore de deux especes, la premiere est le *libage* qu'on employe pour les fondemens; la seconde est le *moïlonage* ou le *petit moïlon*, dont on se sert pour garnir le milieu des gros murs; c'est ici où les Entrepreneurs n'oublient pas leurs interêts quand on n'y prend point garde, ils ont grand soin de faire le parement bien conditionné pour suprendre le coup d'œil, tandis que le reste n'est composé que de bouë & de platras, il est vrai que cela n'arrive guère dans les ouvrages des Fortifications, parce que Messieurs les Ingenieurs y apportent tant d'exactitude & de soin, qu'il est assés difficile de leur en imposer, ceux qui sont accoutumés de faire travailler sachant combien il est dangereux de s'en rapporter à la bonne foi des ouvriers: mais comme j'écris principalement pour ceux qui commencent, & qui n'ont pas une grande connoissance des travaux, voici en peu de mots ce que l'on doit observer pour faire faire un bon ouvrage.

Il faut prendre garde de ne jamais laisser travailler les Maçons qu'aux heures marquées, & qu'ils ayent toujours des cordeaux d'alignemens devant & derriere la muraille, ne permettant pas qu'ils fassent leurs plombées plus hautes que d'un pied ou un pied & demi, de ne point laisser de mortier qui ne soit tiercé & vieux de deux jours, sans souffrir qu'on maçonne à sec comme cela arrive assés souvent, ou que tombant dans une autre extrémité on ne remplisse les trous de poignées de mortier au lieu de Tuilleaux ou d'éclats de pierre.

De faire laisser des amorcces qui ayent au moins un demi pied aux endroits où il y aura reprise d'ouvrage, & quand on viendra à y travailler, ne pas laisser recommencer sur les arrases séches sans y jeter de l'eau.

De ne souffrir jamais qu'on mette des calles de bois sous les carreaux, cordons, tablettes, & autres pierres de parement, ni qu'on employe ces pierres sans qu'elles ayent un lit suffisant pour être bien assises, ne pas laisser mettre en œuvre des pierres trop fraîchement tirées de la Carriere, & qui ne soient déchargées de leur bousin, parce que le mortier ne s'y attache pas; de faire ensorte qu'en les posant elles ne fassent point de boîtes qui excedent le niveau de l'ouvrage; mais sur toute chose de ne pas souffrir qu'on employe des pierres de Grès, parce que le mortier ne s'y attache pas, soit à cause que leur pores sont trop serrés, ou qu'elles ne fournissent point de sel comme les autres pour durcir & faire sécher le mortier, ainsi la meilleure maniere de garnir les murs est d'y employer de la brique ou du moïlon plat, bien arrangé & entrelassé

de maniere que le milieu des uns réponde aux joints des autres ; observant toujours de conduire autant qu'il est possible l'ouvrage de niveau sur toute la longueur & épaisseur.

Quand on manque à toutes ces précautions, il arrive que le parement, n'étant pas bien lié avec le reste de l'épaisseur, est proprement un mur appliqué contre un autre qui venant à se dégrader par la suite se détache en peu de tems, toute la chemise tombe, & il ne reste plus qu'un massif informe qu'on a bien de la peine à réparer solidement ; pour remédier à cet inconvenient on pratique aux revêtemens des Fortifications une construction de Maçonnerie qui est la meilleure (à ce que je crois) qu'on puisse imaginer : elle se fait ordinairement de brique & de moilonage ; &, comme il y a de l'art à bien lier ensemble ces deux matériaux, voici comme on les met en œuvre.

Après avoir tracé les fondemens de la muraille & ceux des contreforts relativement aux dimensions des plans & profils, soit pour une face de Bastion, flanc ou courtine, & bâti ces fondemens avec les précautions dont il est parlé dans le Chapitre précédent ; en un mot avoir élevé l'ouvrage jusqu'au niveau du fonds du Fossé, on commencera par faire faire trois mortiers differens, le premier sera de ciment composé de bons thuilleaux bien battus, & d'un tiers de la meilleure Chaux, pour remplir & garnir les joints des paremens de graissierie ; le second sera aussi composé d'un tiers de bonne Chaux, & le reste de sable fin pour la Maçonnerie du parement ; si l'on a deux sortes de Chaux on prendra la moindre pour le troisième mortier qui sera composé de petit gravier s'il y en a sur les lieux pour la grosse Maçonnerie.

On préparera aussi trois sortes de pierres : la premiere, pour les soubassemens & les angles, doit être taillée dans ses lits & joints, ciselée & piquée proprement à la petite pointe du marteau, ses faces dressées à la regle, & les joints démaigris pour recevoir le mortier ; la seconde sera la brique dont on se servira pour le parement ; & la troisième le moilon pour la garniture du milieu & des contreforts.

On posera la premiere assise du parement composée de boutisses & de carreaux, si les boutisses sont rares, on en mettra un tiers sur deux tiers de pannereffes, les unes & les autres ayant leurs faces taillées suivant le talud du revêtement, & derriere cette premiere assise on couvrira toute la Maçonnerie des fondemens, tant du revêtement que des contreforts, d'un lit de trois Briques d'épaisseur posées à plat bien garnies de mortiers ; le commencement de cet ouvrage

ouvrage demande beaucoup de soin & de précaution, ce premier lit étant posé, on en fera un autre derrière les pierres du soubalement qui aura trois briques & demi de largeur seulement : sur celui-ci on en fera un second qui sera moins étendu d'une demi brique, sur ce second un troisième qui ira encore en diminuant d'une demi brique, & on continuera de même jusqu'au cinquième rang qui se terminera à une brique & demi, en élevant ces rangs des briques, on a grand soin de bien garnir tout le reste de l'épaisseur du mur & des contreforts de moilon à bain de mortier atrasé sur tout l'étendu de l'ouvrage que l'on conduit toujours de niveau de même que les contreforts aux angles desquels on met les plus gros moilons, observant que la racine soit bien liée avec le revêtement pour que le tout ne fasse qu'un corps : quand la Maçonnerie a été élevée de niveau au dernier rang de briques dont nous venons de parler, pour lors on dit avoir fait une *levée* que l'on couvre de rechef d'un rang de trois briques d'épaisseur qui regne généralement sur tout l'ouvrage, & ce rang est nommé *chaîne*, parce qu'effectivement il enchaîne pour ainsi dire toutes les parties de l'ouvrage les unes avec les autres, après cela l'on recommence tout de nouveau à faire une levée de briques de cinq rangs de hauteur allant en diminuant d'une demi brique au premier rang, & se terminant à une & demi au cinquième, le derrière garni de moilon comme l'on a fait pour la première levée, & ainsi de suite.

D'un autre côté l'on continué à conduire le parement par assises de boutisses & de panneresses, les boutisses bien enclavées dans l'épaisseur du mur, & les panneresses ferrées & maçonnées entre les boutisses, faisant toujours suivre à leurs faces le talud de la muraille, tant que le soubalement soit parvenu à la hauteur qu'on jugera à propos de lui donner, qui est ordinairement de 5 ou 6 pieds plus ou moins selon la hauteur de l'ouvrage. Le sommet de la dernière assise du soubalement doit être taillé en *champ frain* de deux pouces : cette partie du parement se fabrique comme nous l'avons dit avec du mortier de ciment, de terrasse, ou de cendrée de Tournay, selon les Pays où l'on fait travailler, on en use de même pour tous les autres murs qui sont sujets à être environnés d'eau.

Quand le soubalement est achevé on continué à élever le reste du parement qui se fait de briques ou de moilon picqué, mais plus ordinairement de briques ; c'est pourquoi j'ai supposé que le profil représenté par la Figure 10. étoit fait dans ce goût-là : il exprime assez bien la disposition des assises qui composent le soubalement, les chaînes de briques qui se font après chaque levée & les cinq

rangs

PLANCHE
8.

rangs dont nous avons parlé, qui vont toujours en diminuant d'une demi brique, ainsi comme ce dessein aide beaucoup à faire entendre la construction que je me suis proposé de décrire, cela me dispensera d'entrer dans bien de petites circonstances qui se présenteront d'elles-mêmes à l'esprit, pour peu qu'on y fasse attention.

Si le reste du parement au-dessus du soubassement se fait de briques, on commence par en asséoir un rang que l'on met à plat, & qui font face de leur tête: sur celui-ci on en met un autre à plat qui font face de leur longueur, & alternativement une assise en boutisse, & une autre en panneresse à joint recouvert, observant de suivre le talud qui a été réglé par le profil, & toujours de même jusqu'au cordon, au contraire du derrière de la muraille qui doit être à plomb, aussi-bien que les contreforts.

En conduisant le parement, on arme les angles saillans de pierre de taille en petit bossage, d'un pouce & demi de relief posé par assise réglée, & les deux faces de chaque pierre qui font parement, sont taillées de façon qu'elles forment précisément un angle égal à celui que doit avoir l'ouvrage, ayant attention de donner aussi à ces mêmes faces, le talud que doit avoir le revêtement de la manière qu'on le voit représenté dans la figure 9. & quand on est parvenu à la hauteur qu'on veut donner au revêtement, on le termine d'un cordon de la même pierre d'un pied de hauteur, taillée en demi rond, & posée en saillie d'environ cinq ou six pouces, ce cordon est aussi composé de panneresses & de boutisses: les panneresses doivent avoir au moins 24. pouces de lit, non compris la saillie & les boutisses trois pieds de queue, le derrière bien garni & conduit à même hauteur, ensuite on élève quelquefois sur le sommet de la muraille, un petit mur à plomb devant & derrière, auquel on donne 4. pieds de haut & trois d'épaisseur, pour servir de revêtement au parapet. Quand la pierre de taille est commune on le couronne par une tablette qui a un larmier dont la saillie est de 3. ou 4. pouces, ou bien on couvre toute la Maçonnerie par une assise de briques posées en liaison alternative, moitié de cant, & moitié de bout, avec lesquels on fait aussi un larmier qui débordé seulement d'un pouce, ou d'un pouce & demi, observant de donner au couronnement une pente de 4. pouces, allant du derrière au devant, le tout construit à petit joint, en bonne liaison bien reciré.

Quand on fait des demi revêtemens, on suit les mêmes choses qu'on vient de voir, c'est-à-dire, que l'on conduit la Maçonnerie depuis la dernière retraite des fondemens jusqu'à la hauteur de la ligne

ligne de niveau, ou du rez-de-Chaussée, le reste de la hauteur se revêt de gasons ou de placages, & on se conforme au cinquième Article du Profil général de Mr. de Vauban.

A l'égard du revêtement des Contrescarpes, & de ceux des gorges des ouvrages, la maçonnerie s'en fait avec les mêmes précautions qu'aux remparts; ainsi, on en peut juger par la figure huitième.

Comme l'on se trouve souvent dans la nécessité de lier de la nouvelle maçonnerie avec de la vieille, je m'arrêterai un moment pour enseigner une pratique qu'on ne fera pas mal de suivre en pareil cas: les Maçons y faisant ordinairement si peu d'attention, qu'il arrive toujours que leur ouvrage est defectueux en cet endroit-là.

Après avoir détaché une partie de la vieille maçonnerie pour se donner des amorces, il faut grater le mortier qui se trouve sur la pierre; tant qu'il n'en paroisse plus que dans le fond des joints, ensuite nettoyer proprement toutes les ordures, de sorte qu'il n'y reste pas de poussière; pour cela il faut, après s'être servi du balai, avoir de grosses brosses, afin que les soies s'introduisant dans les pores les plus imperceptibles en fassent sortir tout ce qui s'y trouve, car c'est ordinairement la poudre répandue sur la pierre, qui empêche le mortier de s'insinuer dans les pores pour faire une bonne liaison: après cette préparation, il faudra jeter sur la vieille maçonnerie une grande quantité d'eau, à diverses reprises, afin qu'elle s'y imbibé, & qu'elle acquière pour ainsi dire une vertu attractive; il faut avoir dans un bacquet de la bonne chaux detrempee, de sorte qu'elle soit grasse & glutineuse; plusieurs manœuvres prendront des brosses, les tremperont dans la chaux pour l'imprimer sur la maçonnerie, en frappant à petits coups, afin qu'elle pénètre dans les joints & les pores de la pierre jusqu'à ce qu'elle en soit bien imbibée, & qu'on en ait mis une quantité suffisante pour que cette colle de chaux surmonte de 3. à 4. lignes la surface de la maçonnerie, après quoi on appliquera dessus du bon mortier pour maçonner comme à l'ordinaire, observant que la pierre ou la brique soient bien entrelassées avec les amorces, & fasse une bonne liaison; alors la chaux, qui se trouve entre la vieille & la nouvelle maçonnerie, les unit si bien ensemble, en s'incorporant dans l'un & dans l'autre, qu'il se fait peu de tems après une liaison qui rend l'ouvrage plus indissoluble à l'endroit de la jonction que par-tout ailleurs, comme l'expérience l'a fait voir toutes les fois qu'on en a usé ainsi.

Voilà ce que je m'étois proposé de dire sur la maçonnerie en général: je me suis un peu étendu sur celle des revêtements de fortifi-

cations, parce qu'elle appartient particulièrement à mon sujet ; mais si je voulois entrer dans un semblable détail pour tout ce qui pourroit demander une construction particulière, selon les differens cas qui peuvent se presenter, je n'aurois jamais fini : c'est pourquoi je me tiendrai à l'idée que je viens de donner, me proposant pourtant de ne pas négliger dans la suite les occasions où je pourrai insinuer les connoissances que je croirai encore nécessaires, quand il sera question, par exemple, des Ponts, des Voutes, des Ecluses, & autres Ouvrages considerables, qui ont une maniere d'être fabriqués, qui leur appartient essentiellement.

Explication de plusieurs Tables servant à déterminer les Dimensions de toute sorte de Revêtement de Maçonnerie.

PLANCH.
9. & 10.

Depuis que j'ai composé le premier livre, il m'est venu plusieurs fois en pensée que bien des gens ne feroient pas grand usage des regles que j'y ai enseignées, pour trouver l'épaisseur des revêtemens, à cause de la longueur des calculs, & des operations abstraites, qu'il falloit faire, & que le sur moyen de contenter tout le monde étoit de donner des tables dans lesquelles on pût trouver les dimensions de tous les profils qui peuvent s'exécuter, selon les differens taluds que l'on voudroit donner aux revêtemens, soit pour ceux qui soutiendroient des rempars, accompagnés de leurs parapets, ou pour les autres, qui, n'ayant point de parapets à soutenir, serviroient aux terrasses, aux quays, aux chaussées, aux contrescarpes, aux gorges des ouvrages &c. Mais ces Tables telles que je les conçus d'abord me parurent d'un si grand travail, que j'hésitai long-tems à les entreprendre ; j'en exposai le dessein à quelques personnes de mes amis, qui me firent entendre que de tout ce que je pouvois rapporter dans mon livre, rien ne seroit plus utile & plus intéressant : cela suffit pour me déterminer & vaincre la repugnance que j'avois à m'appliquer pendant un tems considerable à un ouvrage aussi ingrat : car il faut convenir que le public n'est pas toujours judicieux, souvent il ne juge du prix des choses que par ce qui peut plaire à l'imagination, & tient fort peu de compte de la peine dont un Auteur veut bien seul se charger, quoi qu'il pourroit être en droit de la partager avec lui : il me permettra de lui faire ce petit reproche, il trouvera assez dans mon ouvrage de quoi avoir sa revanche.

Ayant déjà rapporté sur la fin de l'Article 37. du premier Livre des Tables pour l'épaisseur des revêtemens, on pensera peut-être que celles dont je parle sont à peu près de même ; cependant elles sont

font bien différentes, car dans les premières tous les profils sont assujettis à un talud, qui est toujours la cinquième partie de la hauteur, & on n'y suppose point de contreforts, au lieu que dans celle-ci l'on a une suite de revêtemens, depuis 10. pieds jusqu'à 100. qui ont non seulement pour talud le 5. de la hauteur, mais le 6. le 7. le 8. le 9. ou le 10. selon que l'on voudroit choisir un profil plutôt que l'autre: d'ailleurs, tous les revêtemens sont accompagnés de contreforts, dont les dimensions sont rapportées pour telle hauteur de rempart que l'on voudra, comme on en va juger par l'explication de la 9. & 10. planche.

La 9^e. planche comprend les dimensions de tous les revêtemens, qui soutiendroient des rempars accompagnés de leurs parapets; mais comme l'on peut donner à ces revêtemens un talud plus ou moins considérable, cette planche contient sept tables: les six premières sont composées chacune de deux colonnes, dont l'une détermine l'épaisseur qu'il faut donner au sommet des revêtemens, & l'autre celle de la base des mêmes revêtemens, pour tous ceux qui auroient depuis 10. pieds de hauteur, jusqu'à 100. Par exemple, la première table comprend les épaisseurs des revêtemens qui auroient un 5. de talud: la seconde celle des revêtemens qui n'auroient pour talud que la 6. partie de leur hauteur: enfin la 3. 4. 5. & 6. table comprennent de suite les mêmes épaisseurs, pour les revêtemens qui auroient pour talud un 7. 8. 9. ou 10. de leur hauteur.

A l'égard de la 7^e. table, elle comprend trois colonnes qui expriment les dimensions des contreforts, qui doivent accompagner tous les revêtemens dont il est fait mention dans les six premières tables; car il est bon de remarquer que tous les revêtemens de même hauteur, soit qu'ils aient pour talud un 5. un 7. ou 10. doivent toujours avoir des contreforts, dont les dimensions soient les mêmes que celles qui sont marquées dans la 7. table à l'alignement qui répond à la hauteur dont il s'agit; d'ailleurs que ces contreforts sont toujours espacés de 18. pieds, de milieu en milieu, sans que cela change jamais pour quelque revêtement que ce soit, grand ou petit: & en cela je me suis conformé à la maxime de Mr. de Vauban dans son Profil général, dont j'ai retenu les contreforts, parce qu'ils m'ont paru dans une proportion fort raisonnable. Cependant je n'ignore pas que bien des Ingenieurs aiment mieux les espacer de 15. pieds, de milieu en milieu, que de 18: je ne voi pas bien la raison de cette preference, puisque quand le revêtement a une épaisseur suffisante, & qui met la résistance au-dessus de la poussée des terres, il n'y a point de raison de multiplier les contreforts

sans nécessité. Si je les ai éloignées de 18. pieds plutôt que de 15. c'a été pour empêcher qu'en augmentant les dimensions de leurs bases, à mesure que les revêtemens devenoient plus élevés, ils ne se trouvassent trop serrés: cela n'empêche pourtant pas dans l'usage que l'on fera dans ces tables, qu'on ne puisse, si l'on veut, rapprocher les contreforts les mettant à 15. pieds, & suivre exactement toutes les autres dimensions. Si l'on prend ce parti qui me paroît assez inutile, le revêtement sera encore beaucoup au-dessus de l'équilibre malgré les égards que j'ai eu.

Pour donner l'usage de ces tables, nous supposerons qu'on veut revêtir les faces d'une demi lune, que le revêtement doit avoir 25. pieds de hauteur depuis la dernière retraite, ou si l'on veut depuis le fond du fossé jusqu'au cordon, & qu'on ne veut pour talud qu'un 7. de hauteur, on demande quelles doivent être les dimensions des plans & profils; pour que le revêtement soit capable par sa résistance de soutenir un effort plus grand que celui de la poussée des terres du rempart & du parapet; je cherche dans la petite colonne qui marque la hauteur des revêtemens, le nombre 25. & en suivant le même alignement, je passe à la 3. table, qui montre qu'il faut donner 6. pieds 1. pouce 11. lignes d'épaisseur, au sommet du revêtement en question, & 9. pieds 8. pouces 9. lignes à la base, de-là en suivant toujours le même alignement, je passe à la 7. table pour voir quelles doivent être les dimensions des contreforts, je trouve qu'il faut leur donner 7. pieds de longueur 4. pieds 6. pouces à la racine & 3. pieds à la queue, observant de les espacer de 18. pieds de milieu en milieu; si au lieu d'un 7. de talud, on ne vouloit donner qu'un 9^e. de la hauteur, en suivant toujours l'alignement de 25. pieds, il faudroit prendre les dimensions du sommet & de la base dans la 5^e. colonne, & l'on trouvera 7. pieds 1. pouce 7. lignes pour l'un, & 9. pieds 10. pouces 11. lignes pour l'autre, & les contreforts comme ci-devant.

A l'égard des tables contenues dans la 10^e. planche, elles sont entièrement semblables aux précédentes; la seule différence est que les unes répondent à des revêtemens, qui auroient un parapet à soutenir, au lieu que les autres servent pour les revêtemens, dont le sommet seroit de niveau avec la surface de l'ouvrage dont il s'agit; par exemple, si l'on vouloit savoir quelles doivent être les dimensions du revêtement d'une contrescarpe, qui auroit 15. pieds de hauteur, & auquel on voudroit donner un 8^e. de talud, je cherche dans la colonne des hauteurs, le nombre 15. & en suivant le même alignement, je passe à la 4^e. table où je trouve qu'il faut don-

*TABLE pour régler l'épaisseur qu'il faut de
de fortifications, pour ceux qui auroient depuis
taluds qu'on voudroit leur donner, avec les d
de ces contreforts doit être de 18. pieds de m*

Hauteur des Revete- mens.	Epaisseur au Sommet pour un 5. de talud.	Epaisseur sur la base pour un 5. de talud.	Epaisseur au Sommet pour un 6. de talud.	Epaisseur sur la base pour un 6. de talud.	Epaisseur au Sommet pour un 7. de talud.	Epaisseur sur la base pour un 7. de talud.	Epais- au Son pour i de ta
<i>pieds</i> 10	<i>pi. po. lig.</i> 3. 5. 4.	<i>pi. po. lig.</i> 5. 5. 4.	<i>pi. po. lig.</i> 3. 8. 11.	<i>pi. po. lig.</i> 5. 4. 11.	<i>pi. po. lig.</i> 3. 11. 8.	<i>pi. po. lig.</i> 5. 4. 6.	<i>pi. po.</i> 4. 1.
15	4. 1. 4.	7. 1. 4.	4. 6. 9.	7. 0. 9.	4. 10. 8.	7. 0. 4.	5. 1.
20	4. 8. 8.	8. 8. 8.	5. 3. 9.	8. 7. 9.	5. 9. 4.	8. 7. 7.	6. 0.
25	5. 2. 0.	10. 2. 0.	5. 10. 7.	10. 0. 7.	6. 1. 11.	9. 8. 9.	6. 9.
30	5. 5. 9.	11. 5. 9.	6. 5. 3.	11. 5. 3.	6. 9. 11.	11. 1. 4.	7. 6.
35	5. 8. 3.	12. 8. 3.	6. 8. 4.	12. 6. 4.	7. 4. 11.	12. 4. 11.	7. 11.
40	5. 10. 7.	13. 10. 7.	7. 0. 9.	13. 8. 9.	7. 8. 4.	13. 4. 10.	8. 2.
45	6. 0. 6.	15. 0. 6.	7. 3. 0.	14. 9. 0.	8. 3. 0.	14. 8. 1.	8. 11.
50	6. 1. 8.	16. 1. 8.	7. 6. 9.	15. 10. 9.	8. 7. 5.	15. 9. 1.	9. 4.
55	6. 2. 9.	17. 2. 9.	7. 10. 2.	17. 0. 2.	8. 11. 0.	16. 9. 3.	9. 9.
60	6. 3. 4.	18. 3. 4.	8. 0. 3.	18. 0. 3.	9. 2. 6.	17. 9. 4.	10. 1.
65	6. 4. 6.	19. 4. 6.	8. 3. 9.	19. 1. 9.	9. 6. 4.	18. 9. 7.	10. 7.
70	6. 5. 7.	20. 5. 7.	8. 6. 0.	20. 2. 0.	9. 9. 3.	19. 9. 3.	10. 9.
75	6. 6. 6.	21. 6. 6.	8. 7. 9.	21. 1. 9.	9. 10. 9.	20. 7. 3.	11. 1.
80	6. 7. 4.	22. 7. 4.	8. 8. 3.	22. 0. 3.	10. 0. 3.	21. 5. 4.	11. 3.
85	6. 8. 2.	23. 8. 2.	8. 9. 6.	22. 11. 0.	10. 2. 5.	22. 4. 1.	11. 5.
90	6. 9. 6.	24. 9. 6.	8. 10. 3.	23. 10. 4.	10. 3. 11.	23. 2. 2.	11. 7.
95	6. 11. 6.	25. 11. 6.	8. 11. 0.	24. 9. 0.	10. 4. 9.	23. 11. 7.	11. 8.
100	7. 0. 0.	27. 0. 0.	9. 0. 0.	25. 8. 0.	10. 6. 0.	24. 9. 5.	11. 9.

TABLE pour régler l'épaisseur qu'il faut donner
Parapets, tels que sont ceux des terrasses, des quai
jusqu'à 100. de hauteur relativement aux différe
observant que la distance de ces Contreforts doit être

hauteur des Revet mens.	Epaisseur au Sommet pour un 5° de talud.	Epaisseur sur la base pour un 5° de talud.	Epaisseur au Sommet pour un 6° de talud.	Epaisseur sur la base pour un 6° de talud.	Epaisseur au Sommet pour un 7° de talud.	Epaisseur sur la base pour un 7° de talud.
pieds. 10.	pi. po. lig. 1. 3. 0.	pi. po. lig. 3. 3. 0.	pi. po. lig. 1. 6. 5.	pi. po. lig. 3. 2. 5.	pi. po. lig. 1. 8. 11.	pi. po. lig. 3. 2. 0.
15.	1. 10. 2.	4. 10. 2.	2. 3. 2.	4. 9. 2.	2. 7. 0.	4. 8. 8.
20.	2. 4. 5.	6. 4. 5.	2. 11. 2.	6. 3. 2.	3. 4. 10.	6. 3. 1.
25.	2. 10. 8.	7. 10. 8.	3. 6. 2.	7. 8. 2.	4. 0. 3.	7. 7. 1.
30.	3. 3. 6.	9. 3. 6.	4. 3. 5.	9. 3. 5.	4. 8. 3.	8. 11. 8.
35.	3. 8. 0.	10. 8. 0.	4. 4. 7.	10. 5. 7.	5. 4. 2.	10. 4. 2.
40.	4. 0. 0.	12. 0. 0.	5. 1. 3.	11. 9. 3.	5. 11. 3.	11. 7. 9.
45.	4. 3. 3.	13. 3. 3.	5. 6. 6.	13. 0. 6.	6. 5. 4.	12. 10. 5.
50.	4. 6. 1.	14. 6. 1.	5. 10. 9.	14. 2. 9.	6. 11. 3.	14. 0. 11.
55.	4. 8. 4.	15. 8. 4.	6. 2. 9.	15. 4. 9.	7. 4. 2.	15. 2. 5.
60.	4. 10. 2.	16. 10. 2.	6. 6. 11.	16. 9. 11.	7. 9. 1.	16. 3. 11.
65.	4. 11. 9.	17. 11. 9.	6. 9. 11.	17. 7. 11.	8. 1. 9.	17. 4. 2.
70.	5. 1. 9.	19. 1. 9.	7. 9. 6.	18. 9. 6.	8. 4. 5.	18. 4. 5.
75.	5. 2. 2.	20. 2. 2.	7. 3. 9.	19. 9. 9.	8. 7. 6.	19. 4. 0.
80.	5. 3. 4.	21. 3. 4.	7. 5. 5.	20. 9. 5.	8. 10. 1.	20. 3. 2.
85.	5. 4. 7.	22. 4. 7.	7. 6. 9.	21. 8. 9.	8. 11. 6.	21. 0. 2.
90.	5. 5. 6.	23. 5. 6.	7. 7. 4.	22. 7. 4.	9. 1. 8.	21. 11. 11.
95.	5. 5. 9.	24. 5. 9.	7. 8. 6.	23. 6. 6.	9. 3. 6.	22. 10. 4.
100.	5. 6. 6.	25. 6. 6.	7. 9. 7.	24. 5. 7.	9. 4. 9.	23. 8. 2.

donner 2. pieds 9. pouces 10. lignes au sommet, & 4. pieds 8. pouces 4. lignes à la base, de là à la 7^e. où je remarque que les contreforts du même revêtement doivent avoir 5. pieds de longueur, 3. pieds 6. pouces en racine, & 2. pieds 4. pouces à la queue toujours espacés de 18. pieds de milieu en milieu.

On a supposé généralement dans toutes ces tables, que les contreforts étoient aussi élevés que le sommet des revêtements, auxquels ils repondoient, ce qui se pratique toujours, quand il s'agit de soutenir un rempart qui est accompagné d'un parapet, & lors que ce parapet est revêtu d'une petite muraille de 4. pieds de hauteur, qu'on élève au dessus du cordon; mais, quand il s'agit de demi revêtement, ou de soutenir une contrescarpe ou la gorge d'un ouvrage, alors le sommet des contreforts se termine à un pied ou 1. pied & demi plus bas que celui du revêtement, afin qu'il n'y ait que cette partie de la maçonnerie qui paroisse dehors, ainsi on pourra toujours avoir égard à ce que je viens de dire, sans appréhender que le revêtement en soit moins solide, quoique la hauteur des contreforts diminuë de quelque chose.

Pour calculer ces Tables j'ai suivi exactement ce qui a été enseigné à la fin de l'article 51. du premier Livre au sujet du Profil general de Mr. de Vauban: c'est-à-dire, que j'ai regardé l'équation $y = 2bf - \frac{2dd}{3} - \frac{2pbg - 2pbd}{9} + mn - n$, comme une formule generale qui pouvoit s'appliquer à toute sorte de revêtement dont les dimensions des contreforts étoient données aussi-bien que la hauteur des revêtements & leur talud, & qu'il n'étoit plus question que de trouver l'épaisseur du sommet relativement à la poussée des terres qu'il falloit soutenir; ainsi je me suis servi des Tables des puissances équivalentes à la poussée des terres qu'on a rapporté dans l'Article 37. & c'est dans cette occasion où je me suis aperçû combien il étoit commode d'avoir des expressions qui fussent équivalentes à ces puissances, puisque si j'avois été obligé de les chercher à mesure que j'en ai eû besoin, la 9^e & 10^e. Planche m'auroit coûté plus de quatre mois de travail continuel, comme on en peut juger par l'exemple qui est rapporté à la fin du 51^e Article. J'ajouterai, que j'ai toujours supposé les puissances équivalentes à la poussée des terres plus fortes d'un 6. qu'elles ne l'étoient effectivement, afin que les revêtements fussent au-dessus de l'équilibre; & que je crois qu'il n'est pas possible d'apporter plus d'exactitude que j'en ai eû pour rendre ces Tables aussi correctes qu'on le peut désirer: c'est pourquoi quand on trouvera l'occasion d'en faire usage, on peut s'en servir en toute

sûreté sans qu'il soit besoin de rien augmenter ni diminuer des dimensions qu'on y rapporte, à moins que ce ne soit pour éviter l'embarras des petites parties: par exemple, on pourra supprimer les lignes quoique je les aye rapportées scrupuleusement de même que le calcul les a donné: car 4 ou 5 lignes de plus ou de moins, ni même deux ou trois pouces quand il s'agit de grands revêtemens, sont un trop petit objet dans la pratique pour s'en mettre en peine; cependant, il vaut mieux mettre plus que moins.

Comme la hauteur des revêtemens de toutes ces Tables augmentent toujours de 5 pieds depuis 10 jusqu'à 100, il n'y a point de hauteur de rempart qu'on ne rencontre à peu près semblable à celles qui y sont rapportées; car s'il s'agissoit d'un revêtement de 31 ou 32 pieds, qui sont deux nombres qui ne se trouvent pas dans la colonne des hauteurs, on pourra prendre les dimensions qui répondent aux revêtemens de 30 pieds, sans qu'on ait lieu d'appréhender qu'elles soient trop foibles, puisqu'elles mettront toujours le revêtement au-dessus de l'équilibre, à cause de l'augmentation que nous avons fait à la puissance agissante: de même s'il s'agissoit d'un revêtement de 33 ou 34 pieds, on pourroit prendre les dimensions qui appartiennent à celui de 35, quoiqu'un peu plus fortes qu'elles ne devroient être, en un mot on prendra toujours les dimensions du revêtement dont la hauteur approchera le plus de celui qu'on a dessein de construire.

Il est bon de remarquer que les dimensions des contreforts augmentant en progression d'Arithmétique, leurs bases doivent augmenter en superficie dans la raison des quarrés de leurs côtés homologues, & prenant pour côté homologue la longueur de chaque contrefort, c'est-à-dire 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21. 22. leurs bases augmenteront dans le rapport de 16. 25. 36. 49. 64. 81. 100. 121. 144. 169. 196. 225. 256. 289. 324. 361. 400. 441. 484. Or comme les derniers quarrés sont bien plus grands à proportion que les premiers, il s'ensuit que les bases des contreforts, par conséquent les contreforts mêmes, augmentent beaucoup plus à proportion que ne font les revêtemens. Mais comme les contreforts ne peuvent augmenter plus qu'ils ne devroient naturellement, sans que les épaisseurs du sommet & de la base des revêtemens ne diminuënt, il s'ensuit que les différences des épaisseurs marquées dans les Tables, au lieu d'augmenter, doivent plutôt diminuer à mesure que les revêtemens sont plus élevés; c'est aussi ce que l'on voit dans toutes les colonnes, puisque les derniers nombres sont plus petits à proportion que les premiers, ce qui m'a-
voit

voit d'abord intrigué; mais après en avoir aperçu la raison, j'ai regardé ce changement comme une preuve de la justesse du principe, plutôt que de la part des fautes qui auroient pû se glisser dans les calculs; voilà l'avantage des Mathématiques; qui est de voir toujours clair à ce que l'on fait.

CHAPITRE ONZIÈME.

De la construction des Souterrains, & comme l'on applique sur leurs Voutes les Chapes de Ciment.

L'On entend par souterrain, tous les lieux voutés qui se pratiquent sous les remparts d'une place, comme les poternes qui servent à communiquer dans les ouvrages détachés, les Magasins que l'on peut placer dans les tours, les lieux que l'on fait à l'épreuve de la bombe, pour servir de refuge en tems de siège.

Les souterrains sont d'un grand secours dans les petites Fortresses, Citadelles, Forts, & Châteaux, où il n'y a pas d'endroit qui ne soit exposé à être détruit en très peu de tems; au lieu que dans les grandes places, on a toujours quelque quartier éloigné des attaques; où l'on peut mettre les munitions de guerre, de bouche, & même les malades & blessés.

Mais avant de parler de la distribution des souterrains, il est à propos de dire quelque chose sur la manière de les construire, car il ne suffit pas de les rendre à l'épreuve de la bombe, il faut les mettre aussi à l'abri des injures du tems, & le plus qu'il est possible de l'humidité: pour cela, l'on applique sur leurs voutes des chapes de ciment, dont voici la fabrique.

Le ciment à cet usage se fait ordinairement avec de la cendrée de Tournai, battue & préparée tous les quatre ou cinq jours une fois pendant six semaines, observant de n'y mettre de l'eau que la première fois; ou bien l'on prend un tiers de bonne chaux vive sur deux tiers de terrasse de Hollande; que l'on bat & prépare de même; & au lieu de terrasse de Hollande, on met, si l'on veut, les deux tiers de pozzolane ou de vieux tuilleaux bien cuits, réduits en farine, repassés au tamis de Boulanger; mais soit qu'on se serve de l'un ou de l'autre de ces cimens, il faut les bien réduire en farine avec un moulin à bras, ensuite battre ensemble les deux matières qui le composent, & les mêler un long espace de tems dans
des

des petits hacquets de planche faits exprès; ce mélange doit se faire à plusieurs reprises, sans y mettre de l'eau que la première fois.

Avant d'appliquer le ciment sur les voutes, il est nécessaire que la maçonnerie soit bien achevée, & qu'elle ait eu au moins cinq ou six mois de tems pour secher & prendre ses affaissemens, l'on en gratte & fouille les joints avec un petit crochet de fer, après quoi on nettoye bien le dessus, que l'on arrose en y jettant de l'eau avec un arrosoir, puis l'on applique le ciment tout fraîchement demêlé, de l'épaisseur d'un pouce & demi, qu'on étend bien également, on le bat de long & de large, avec de petites battes de deux pouces de largeur seulement, pour mieux presser le ciment dans les joints, ensuite avec des fers polis, comme ceux dont on se sert pour repasser le linge, & retrouffés par les bouts en adoucissant, l'on rend la première couche unie jusqu'à ce qu'elle commence à s'affermir, on broûille tous les jours pendant un tems sa superficie, avec un torchon de drap, gros comme la tête, emmenché au bout d'un bâton, & trempé dans un seau de ciment delayé, on passe aussi-tôt le lissoir dessus, après cela on couvre tout le couchi avec des paillassons, jusqu'au lendemain, afin que les chaleurs ne le fassent point gerfer, l'on repete cette manœuvre, c'est-à-dire, l'on broûille, on lisse, & on recouvre, tant qu'on s'aperçoive qu'il n'y a plus de gersure dans la superficie; cela fait on broûille encore pendant cinq ou six jours de suite sans lisser, ni paillassonner.

En appliquant les chapés de ciment, on aura soin sur toute chose de les rendre bien unies, & de terminer le sommet des voutes en dos d'âne, avec des pentes dirigées comme celle des toits; en construisant la voute, l'on fera en sorte qu'elle soit également ceintree, & bandée sur le ceintre, ne se servant que de mortier choisi, & que la pierre qu'on mettra en œuvre soit bien apareillée: si au lieu de pierre l'on employe de la brique, on choisira la mieux cuite, dont on fera quatre ou cinq voutes repetées l'une sur l'autre, & chacune d'elles bandée, & bien fichée de coins sous les clefs séparément, & lors qu'on appliquera les chapés de ciment, l'on prendra bien garde qu'elles couvrent toutes les parties de la maçonnerie, de façon qu'aucune pierre ne se montre au travers, on couvre ensuite la chape de ciment, d'un lit de gros sable ou gravier, de quatre à cinq pouces d'épais, qu'on étend également par tout; sur celui-ci on en met un autre de terre, d'un pied & demi bien battu, & on continue de même de lit en lit, jusqu'au parfait terrassement: c'est ainsi qu'on en a usé pour couvrir les voutes des tours bastionnées

bastionnées du neuf Brifack, comme on le verra dans le 6^e. Livre.

Autrefois, quand on faisoit des Voûtes de Briques, on les composoit comme je le viens de dire de plusieurs Voûtes l'une sur l'autre qui avoient chacune une brique d'épaisseur, sans faire ensemble aucune liaison; mais on a reconnu depuis que cette pratique ne valoit rien, qu'il convenoit beaucoup mieux de les faire en liaison alternative depuis l'intrados jusqu'à l'extrados, sans aucune interruption, ayant beaucoup plus de force pour résister au choc des Bombes. L'inconvénient des Voûtes répétées l'une sur l'autre, c'est que s'il se fait quelque écorchement à la première, aussi-tôt qu'il vient à se détacher deux ou trois briques, toutes les autres se séparent de suite; ce qui rend les réparations très difficiles, parce qu'on ne trouve point d'amorce pour lier la nouvelle Maçonnerie avec la vieille: l'on a même vu plusieurs fois la première Voûte souffler & se détacher entièrement de la seconde, peu de tems après la construction de l'ouvrage.

A l'occasion des souterrains, je rapporterai ici ce qui a été observé dans la construction de la fameuse Orangerie de Versailles, afin qu'en pareil cas, on puisse, si on le juge à propos, suivre ce que l'on a fait pour mettre cet édifice à l'abri des injures du tems.

Aussi-tôt que la voute fut formée, on nettoya proprement le dessus des reins, au bas desquels on commença un lit de pierre ou de moulon à sec de 18. pouces de hauteur, avec de la poussière de chaux, entre leurs joints, ensuite on a mis au dessus un lit aussi de poussière de chaux, de 4. pouces d'épaisseur, & sur celui-ci on en fit un troisième de cailloux de vignes, & de galets bien lavés, de 12. pouces d'épaisseur, sur lequel on en mit derechef un quatrième de poussière de chaux, toujours de 4. pouces, & par dessus un cinquième de galets, & ainsi jusqu'au niveau du sommet de la voute, sur laquelle on a posé un dernier lit de galets, de 12. pouces, recouvert d'une couche de mortier, qui occupe tout l'espace de dessus, jusqu'au delà même des pieds droits; l'on s'est si bien trouvé de cette fabrique, que, quoique le dessus de cette Orangerie ne soit qu'une terrasse, il n'est arrivé aucun dommage à la voute.

On suit encore une pratique qui diffère un peu de la précédente: c'est qu'après avoir mis sur la voute un lit de pierre sèche, dont les joints sont remplis de poussière de chaux, & en avoir repandu par dessus environ quatre pouces d'épaisseur, on met un lit de terre glaise, de 12. pouces bien battue, qu'on couvre d'un autre lit de galets aussi de 12. pouces, entremêlés de poussière de chaux, sur

L

lequel

lequel on en met un dernier de mortier de trois à quatre pouces d'épaisseur, pour redevoir les terres.

Les voutes des souterrains, pour être à l'épreuve de la bombe, doivent avoir au moins trois pieds d'épaisseur, recouvertes par cinq ou six pieds de terre; quant à la figure qu'elles doivent avoir, celle à plein centre est la meilleure pour les raisons rapportées dans le second Livre.

Les souterrains se placent ordinairement sous le terre-plain des Bastions, parce que là on peut leur donner plus d'étendue que sous la courtine, qui n'a point tant de largeur; mais, en quelque endroit qu'on veuille les placer, il faut faire en sorte d'en tirer toutes les commodités possibles, afin qu'ils puissent servir à plusieurs usages; par exemple, on peut y faire des fours, des citernes, & des cheminées, pour s'en servir au besoin.

PLANCH.
II.

Si l'on jette les yeux sur la figure 1^{re} de la planche 1^{re}, l'on verra des souterrains, qui sont pratiqués sous un cavalier, qui occupent le terre-plain d'un Bastion; l'on remarquera que leur distribution est disposée de manière, qu'on peut y faire des boulangeries, pour cuire le pain de la garnison, des cuisines, des celliers, enfin tous autres lieux propres à mettre à couvert des munitions.

La figure 5^{me} est un profil coupé sur la largeur des souterrains, qui fait voir la disposition des chapes de ciment sur les voutes, & comme les tuyaux des cheminées passent dans le parapet du cavalier, pour ne point incommoder le service du canon. Par la figure 4^{me}, l'on verra le profil des mêmes souterrains, coupé sur la capitale du Bastion, où l'on remarquera qu'on a ménagé des portes au souterrain du milieu, pour communiquer dans les deux autres voisins.

Quand les chapes de ciment sont appliquées sur des voutes, au dessus desquelles il y a des plateformes, il faut au lieu de terminer la chape à l'extrémité des pentes, la retrousser contre la muraille; afin que les eaux de pluie ne puissent point s'introduire sur la voute; pour leur donner un écoulement, on fera une rigole, qui, regnant tout autour de la plateforme, conduira les eaux dans des gorgouilles, qui les porteront dans le fossé.

Pour garantir les pieds droits des voutes des souterrains, des eaux qui filtrent dans les terres, il faut leur adosser un petit mur de pierres seches, de deux pieds d'épaisseur, c'est-à-dire, arragées à la main sans mortier, les joints remplis de gravier; ces murs doivent être élevés jusqu'à deux pieds au-dessous des pentes de la voute, afin de remplir cet intervalle de bonne maçonnerie, à chaux & à sable,

fig. p.^{re}

Profil coupé sur la longueur des Souterrains

fig 4.^e

Profil coupé sur la largeur des Souterrains

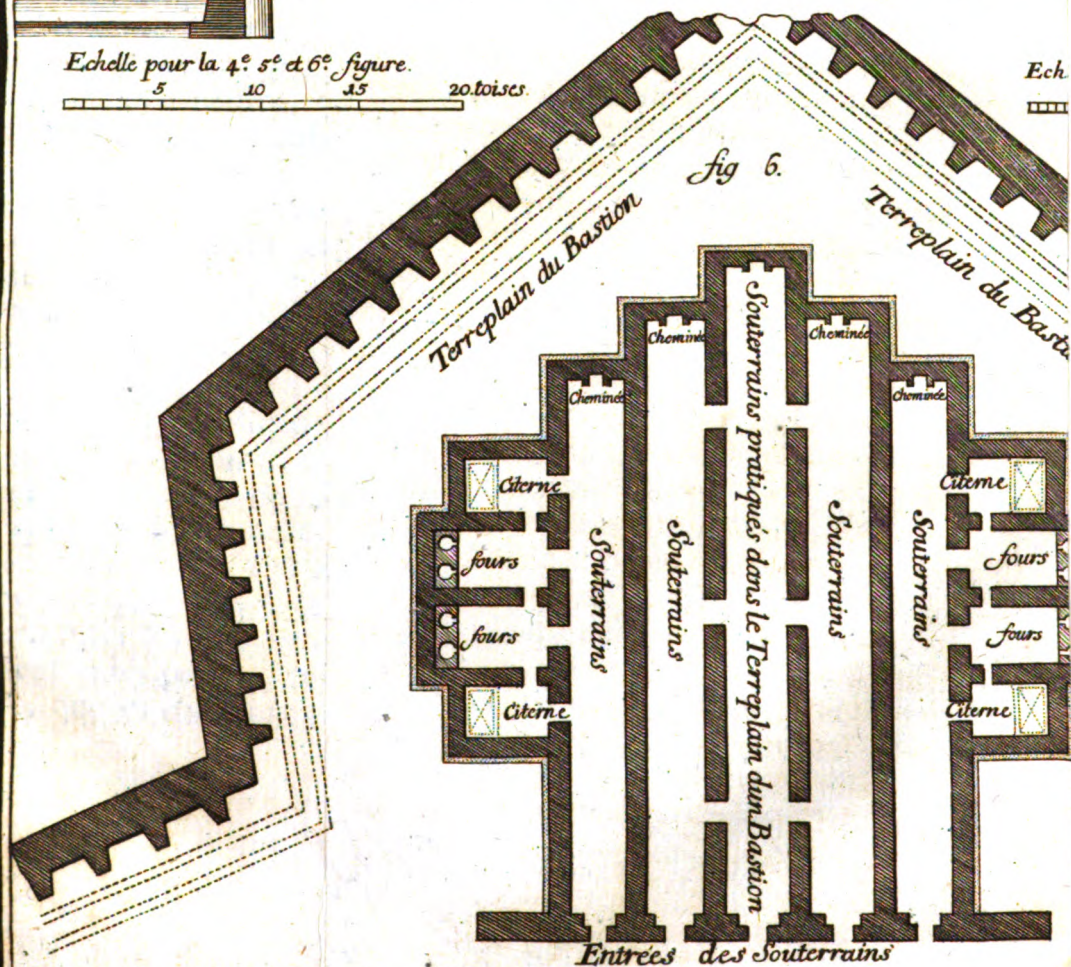
fig 5.^e

Echelle pour la 4.^e 5.^e et 6.^e figure.

5 10 15 20 toises.

Ech

fig 6.



L
fable,
qui re
pieds
faire i
foute
fond
II
cha
des
que
le, o
le mili
confia
les repre.

ceux qui se sont
confermes
clairement au
long
terrains
magnif
l'applie
vrag
bien
don
d'ex
foien
res, q

fable, bien recouverte par le prologement de la chape de ciment, qui regnant sur toute l'épaisseur de ces petits murs, mettra les pieds droits à l'abri de la transpiration, & de l'humidité: pour bien faire il faut fonder ces pierrées deux pieds plus bas que l'aire des souterrains, afin d'y pratiquer des conduits, dans le milieu de la fondation, pour l'égout des eaux.

Il me reste à parler des Poternes, sur lesquelles il n'y a pas grand chose à dire, parce que leur construction est la même que celle des autres souterrains; on les place dans le milieu des courtines, quelquefois derrière les orillons, pour communiquer dans la tenaille, ou dans le fossé quand il est à sec; mais plus ordinairement dans le milieu des courtines, pour aller droit à la demi-lune. Si l'on considère les figures première, seconde, & troisième, l'on verra qu'elles représentent les plans & profils d'une poterne, que je ne m'arrêterai point à détailler, parce qu'il en sera fait mention dans le 6^e. Livre: on remarquera seulement que dans le tems qu'on les construit, il est à propos de faire au dessous de leur rez-de-Chaussée, un petit aqueduc pour servir d'égout aux eaux des rues, & les conduire dans le fossé.

J'ai pensé plusieurs fois, à l'occasion des poternes, qu'on pouvoit, à droit & à gauche du passage, pratiquer sous la courtine deux petits magasins, qui seroient d'une grande utilité en tems de siège, pour servir d'entrepôts aux munitions qu'on voudroit avoir à portée des ouvrages détachés, & à plusieurs autres usages, dont ceux qui se sont trouvés dans des places assiégées, sentiront assez la conséquence: si l'on jette les yeux sur la figure 7^e. l'on verra assez clairement quel est mon dessein, sans qu'il soit besoin d'une plus longue explication: je dirai seulement que la poterne qu'elle représente est supposée en rempe, sans aucun degré.

J'aurois pu rapporter encore plusieurs autres distributions de souterrains, car la plupart de nos places nous en fournissent d'assez magnifiques, pour ne pas manquer de bons modèles: mais comme l'application qu'on en fait dépend des lieux, de la disposition des ouvrages, & de quantité de circonstances que la seule nécessité fait bien diriger; j'ai crû devoir m'en tenir à l'idée que je viens de donner, qui suffira à de jeunes Ingénieurs, pour les mettre en état d'exécuter les projets de ces sortes d'ouvrages, pour peu qu'ils soient aidés par les devis, plans, profils, & instructions particulières, que les chefs ont coutume de leur donner en pareil cas.

CHAPITRE DOUZIEME.

De la maniere de construire les Ouvrages de Terrasses.

A Mesure que l'on éleve le revêtement d'un ouvrage, l'on fait le remblais des terres pour former le rempart. On commence par égaliser le fond du terrain qui répond à la dernière retraite du côté de la place, en lui donnant une pente d'environ trois pouces par toise du devant au derrière, afin de soulager le revêtement; car nous supposons que cet espace est bien déblayé, & n'est pas occupé par les terres qu'on a tirées du fossé pour former les remparts, c'est ce qui nous a fait dire dans le 8^e. Chapitre qu'il falloit les porter à 8 ou 10 toises au-delà de l'alignement intérieur de la muraille, afin qu'on ne soit pas obligé de les rejeter plus loin, mais placées de façon que les travailleurs, les ayant sous la main pour faire les remblais, l'on pose un lit de fascinage, dont le gros bout est du côté de la muraille, les brins espacés de 4 à 5 pouces les uns des autres: les fascines doivent avoir au moins 12 pieds de longueur, & 3 ou 4 pouces de circonférence par le gros bout, on les recouvre d'un lit de terre d'environ 8 pouces de hauteur que l'on bat à la Dame tant qu'il soit réduit à six; on répète un second & un troisième lit de terre toujours de 8 pouces bien batus & chacun réduit à six pouces. S'il se rencontre des pierres qui empêchent qu'on ne puisse battre également par-tout, on les ôte pour les mettre de côté, ensuite on étend sur ce troisième tas un second lit de fascinage disposé comme le premier, que l'on couvre encore de trois autres tas de terre de 8 pouces, chacun batus séparément & réduits à 6 que l'on recouvre encore d'un lit de fascinage, ainsi de suite alternativement trois tas de terres, & un lit de fascinage jusqu'à la hauteur du terre-plain du rempart auquel on donne une pente d'un pied & demi depuis la banquette jusqu'au talud intérieur, en observant d'en faire la surface d'une terre bien épierrée & battue si uniment que les eaux de pluie coulent sans difficulté; après quoi on éleve le parapet qui se construit de même que le rempart; mais avec un peu plus de précaution: car si les terres dont on veut se servir sont pierreuses, on les passe à la claye, ou bien on en choisit de douce, & de celle qui convient le mieux.

C'est ainsi qu'on a coutume de travailler les ouvrages de terrasse
en

en les mêlant avec des lits de fascinage que je ne voudrois pourtant employer qu'à la dernière extrémité quand on a des terres boïeuses ou sabloneuses qui n'ont point de cervelle, encore ne devoit-on s'en servir que lorsqu'on fait des ouvrages qui ne sont revêtus que de gasons; car pour ceux qui sont soutenus par une bonne muraille, je croi qu'avec un peu de précaution on pourroit s'en passer: leur deffaut est qu'étant nouvellement posées elles empêchent par leur ressort qu'on puisse battre les terres aussi solidement qu'on le feroit s'il n'y en avoit point, & que venant à se pourrir au bout d'un certain tems elles laissent beaucoup de vuide, ce qui fait que les terres s'affaissent tout de nouveau & se réduisent à une hauteur beaucoup au-dessous de celle qui avoit été réglée par les profils.

Pour se passer de fascines dans la construction des Ouvrages revêtus, je voudrois que les remblais suivissent exactement le progrès de la Maçonnerie, s'il s'agit d'un ouvrage qui ait plusieurs côtés, après avoir élevé la Maçonnerie d'une face de Bastion, par exemple à une certaine hauteur qui sera si l'on veut de deux pieds, les Maçons la quitteront pour aller faire une pareille levée à l'autre face ou au flanc voisin, & les Terrassiers viendront s'emparer de celle qui est vacante pour faire les remblais à la hauteur où se trouve la Maçonnerie, observant de bien battre les terres lit par lit de 8 pouces en 8 pouces, toujours réduites à 6, ensuite les Maçons reviendront à la partie qu'ils avoient abandonnée pour y faire une deuxième levée de deux pieds, tandis que les Terrassiers occuperont celle que viennent de quitter les Maçons, desorte que pour bien faire il faut que les Maçons & les Terrassiers se succèdent alternativement. De cette conduite, il arrivera deux choses également avantageuses; la première, c'est que les Maçons auront toujours un emplacement commode pour y travailler à leur aise, par conséquent feront un meilleur ouvrage; la seconde c'est qu'en jettant sur les terres nouvellement battues, les matériaux qu'ils doivent employer à leur nouvelle levée, & les piétinemens continuels de tous ceux qui seront employés à la Maçonnerie, battront les terres incomparablement mieux qu'elles ne l'avoient été d'abord; ce qui leur fera prendre tout l'affaissement auquel elle ne seroient arrivées que longtemps après l'ouvrage achevé.

Ce qui demande encore beaucoup d'attention dans la construction des ouvrages de terrasse, ce sont les revêtemens de placage ou de gason. Le placage se fait avec de la terre noire non pierreuse, qui ne doit être, ni trop grasse, ni trop maigre, mais participante des deux, afin qu'elle ne se fende ni ne se renfle point après qu'elle

aura été employée. On commence par creuser une petite tranchée au pied du parapet pour servir comme de fondement au reste de l'ouvrage, on la remplit de la terre servant au placage, & on a soin de la mouïller & de la lier avec celle qui compose le parapet: après l'avoir bien battuë, on étend dessus un lit de chiendent fraîchement tiré pour reprendre plus aisément, ensuite l'on applique le premier tas; c'est-à-dire un premier lit de terre noire auquel on donne 12 pouces d'épaisseur sur 6 de hauteur que l'on bat bien en long & en large, jusqu'à ce qu'il soit réduit à n'en avoir plus que 4, on recouvre ce lit d'un autre de chiendent mêlé avec de la petite fascine: sur ce tas ci, on en applique un autre battu & bien lié avec les terres du parapet que l'on bat & garnit de lit de grand fascinage dont le gros bout est éloigné d'environ 4 pouces du placage, auquel on fait suivre le talud que doit avoir le parapet après en avoir recoupé le parement, & comme sa hauteur au-dessus de la banquette est toujours de quatre pieds & demi, son talud est de 18 pouces qui est le 6^e de la hauteur. Quant au talud extérieur, on lui donne les deux tiers de la hauteur; c'est-à-dire que quand un ouvrage est revêtu de gazon ou de placage, s'il a extérieurement 18 pieds de hauteur, on lui en donne 12 de talud.

Les revêtemens de gazonnage se font à peu-près comme le précédent; car on commence par poser une première assise de gazon au-dessous du niveau de la dernière banquette pour servir de base ou de merande aux autres qu'on doit élever dessus, tous les gasons dont on se sert doivent avoir 15 à 16 pouces de queue sur 6 de largeur & autant de hauteur taillés en coin de mire, cette hauteur de 6 pouces est réduite à 4 après que le gazon est mis en œuvre. Sur cette première assise on en pose une seconde, & sur celle-ci une troisième bien disposée à joints recouverts & conduits de niveau sur toute la longueur de l'ouvrage, ces assises sont entre-lassées avec des brins de saule & quelque-fois de chiendent de même qu'au placage, & de 3 assises, en 3 assises, on étend un lit de grand fascinage qu'on recouvre de terre bien battuë pour former le parapet, & à mesure que l'ouvrage avance, on recoupe le parement pour qu'il soit bien uni & fasse le même effet que s'il étoit de Maçonnerie; tous les angles saillans d'un parapet intérieur ou extérieur se font en arrondissant, parce qu'autrement il seroit bien-tôt émouffé, c'est même dans ces endroits où la main du Gazonneur montre son adresse.

Le gazon, pour être bon, doit être coupé dans un pré bien herbu & racineux un peu humide, les prés qui sont tourbeux ou sablonneux

ceux ne valent rien pour cela ; toutes les saisons ne sont pas propres non plus pour le gazonnage, le tems le plus convenable est le Printemps & l'Automne.

Il faut environ 250 gasons & 12 fascines pour une toise carrée de gazonnage, il semble que 216 gasons devroient suffire, mais on en compte 40 de plus pour remplacer ceux de rebut, un bon gason pèse ordinairement 15 liv. & un Chariot en voiture 100.

Un bon Coupeur de gasons peut en couper jusqu'à 1500 dans un jour d'Été & la moitié seulement dans un jour d'Hyver, le Gazonneur en peut poser & raser 10 toises carrées dans un jour, & même d'avantage s'il est bien servi pour la terre & pour la fascine.

Je ne dis rien ici du tunage & du clayonage, parce que je me propose d'en parler dans l'Architecture Ydraulique ; je passe aussi sous silence quantité de petits détails au sujet de la maniere de travailler les terres, qui ne sont point assés de consequence pour mériter une attention particuliere.

À l'égard des Fossés qui environnent les ouvrages, leur excavation ne doit point être plus profonde que le niveau de la dernière retraite des fondemens ; mais quand ils sont à sec, on observe pourtant de leur donner un peu de talud en venant du pied du rempart dans le milieu, & du pied de la contrescarpe dans le même milieu afin de faciliter l'écoulement des eaux de pluie.

Quand la contrescarpe n'est point revêtuë, on donne aux bords du Fossé un talud égal à sa profondeur, & à mesure qu'on approfondit, on fait d'abord des banquettes au lieu de talud pour faciliter les allées & venues des travailleurs : &, après que la vuidange est faite, ces banquettes sont coupées pour former le talud dont je viens de parler. On donne aussi un semblable talud au pied des ouvrages de terrasse qui ont une berme.

Je ne parle point de la largeur ni de la hauteur que l'on donne au terre-plain des rempars, parce que cela doit être réglé par les profils, je dirai cependant que le talud intérieur de tous les remparts ont une fois & demi leur hauteur ; c'est-à-dire que si un rempart à 12 pieds de haut, on lui en donnera 18 de talud.

Je ne dois point oublier de dire ici que quand on forme les faces des Bastions, demi-Lunes, contre-Gardes, &c. on observe de leur donner plus d'élevation aux angles saillans qu'aux extrémités : je veux dire que ces faces ont une petite pente en venant de l'angle saillant aux extrémités, qui est réglée suivant la longueur que doivent avoir ces faces, cela contribue à donner plus de grace à un ouvrage & à le couvrir contre les enfilades. Mais quand on a seule-

Voyez la
14^e. Plan-
che qui
comprend
l'élevation
d'un front
de Fortifi-
cation.

ment ce dernier motif en vûe, il y en a qui aiment mieux faire des sur-touts aux angles saillans. J'ajouterai aussi, qu'on donne aux remparts & parapets des Ouvrages, un peu plus d'élevation que celle qui a été réglée par les profils, pour prévenir les réductions que causent les affaissemens.

Quand on fait des demi revêtemens aux ouvrages, on y laisse quelque-fois une berme de 10 pieds de largeur pour une haye vive, qui se fait d'Epines blanches provenans de jeunes plantes pépinières. Elle se plante sur deux lignes, dont la premiere est à 5 pieds du parapet, & la seconde à 2 pieds de la premiere, on la laboure de tems en tems, & au bout de trois ans on la récépe tout près de terre, trois autres années après la haye s'étant élevée à une certaine hauteur on entre-lasse tous ses brins les uns dans les autres, de maniere qu'ils fassent un tissu de 4 à 5 pieds, ce qui se doit répéter tous les ans, jusqu'à ce qu'elle soit parvenue à la hauteur de 6 pieds, on la taille proprement devant & derriere afin qu'elle s'épaississe mieux, & on la laisse anticiper jusqu'à la moitié de l'épaisseur du revêtement au sommet afin qu'il ne reste d'autre espace que celui qui sera nécessaire pour le passage du Jardinier qui la cultivera.

On plante ordinairement des Arbres sur le Rempart de la Place trois ou quatre ans après qu'on l'a élevé, afin que les terres ayent eû le tems de s'affaïsser: on en met trois rangées; la premiere se fait au pied de la banquette, la seconde à trois ou quatre pieds du bord interieur du terre-plain, & la troisième au pied du talud du rempart. On choisit des Ormes d'une belle tige, bien garnis de leurs racines, qui ne doivent être ni alterées ni offensées; quant à leur grosseur, il suffit qu'ils ayent 6 à 7 pouces de pourtour, parce qu'ils en reprennent mieux que s'ils étoient plus forts: on les plante à 15 pieds de distance les uns des autres, faisant des trous de 3 pieds en quarré sur autant de profondeur. Il est à propos de faire ces trous trois ou quatre mois avant de planter les Arbres, afin que le fonds puisse s'engraïsser. On a encore beaucoup d'autres petites attentions, qui sont essentielles pour les faire profiter, mais qui sont assés connues des Jardiniers pour me dispenser d'en faire le détail.

Je n'ai pas encore parlé du chemin couvert, parce que sa construction n'a rien qui ne soit renfermé dans ce qu'on a vû au sujet de la maniere de construire les Ouvrages de terrasse; je dirai pourtant, qu'on lui donne ordinairement 6 toises de largeur formé par un parapet de 4 pieds & demi de haut élevé sur deux ou trois banquettes selon qu'on est obligé de se couvrir contre la campagne: quelquefois l'on soutient ce parapet d'un petit revêtement de Maçonnerie

çonnerie qu'on ne construit qu'après que les terres se sont bien affermies, on l'établit sur une fondation de trois ou quatre tas de brique de hauteur, sur 2 briques & demi d'épaisseur, & on lui donne deux briques sur la base & une brique & demi au sommet sur trois pieds de hauteur, le reste du parapet qui est d'un pied & demi, se revêt de gazon ou de placage.

Les angles faillans des Places d'Armes en rase campagne doivent être élevés d'un pied plus que l'extrémité de leur face pour se couvrir contre les enfilades; dans le milieu de chaque face on pratique une sortie coupée à niveau du terre-plain, on lui donne 9 à 10 pieds de largeur sur 15 de longueur pris du sommet du parapet & pour défilé le passage, on le détourne en arrondissant vers l'angle rentrant, aux deux côtes de chaque sortie on plante un poteau aiguilé & contre-fiché sur un seuil pour porter deux manteaux de barrière que l'on fait de barreaux à claire voye dont le sommet finit en pointe façonnée comme celle des pallissades, élevé à la même hauteur & sur le même alignement.

Les Places d'Armes rentrantes & faillantes se ferment ordinairement par des traverses de terre auxquelles on donne 18 pieds d'épaisseur au sommet, leur parapet est élevé à la même hauteur que celui du chemin couvert, avec le même nombre de Banquettes. Quand la contrescarpe est revêtue de Maçonnerie, les profils des traverses le sont aussi, ce qui les rend capables d'un plus grand feu à cause que l'on n'est pas obligé de leur donner aussi grand talud de ce côté-là.

A un demi pied du parapet tant du chemin couvert que des traverses, on plante sur la Banquette un rang de palissades de bois de chêne, de brin ou de quartier, de 8 pieds & demi de longueur sur 18 à 20 pouces de tour mesuré au milieu, elles sont appointées de 12 à 13 pouces de longueur, la pointe droite sur le milieu un peu tronquée pour éviter la pourriture, on les espace également à 2 pouces de distance l'une de l'autre mesurée sur le linteau auquel elles sont attachées avec des chevilles de bois de chêne bien sec, chassées de force par le gros bout & fendues par le petit, pour être contre-chevillées, le linteau se fait aussi de bois de chêne d'une pièce de 4 pouces sur 5 d'écarrissage, laquelle est refendue diagonalement à un pouce près des angles opposés, ce qui donne deux cours de linteaux. Mr. le Maréchal de Vauban faisoit surmonter la pointe des palissades de 9 pouces au-dessus de la crête du parapet; mais l'usage a fait connoître que 6 pouces suffisoient & mettoient les pallissades moins en prise au Canon: on doit les incliner de 6

M

pou-

pouces du côté du parapet pour mieux résister à la poussée des terres, & que le Soldat soit plus commodément placé pour faire feu.

Il entre ordinairement 8 ou 9 pallissades dans la toise courante dont chacune pèse environ 70 liv. Un Chariot en voiture 100. & un Ouvrier avec son manœuvre peut en planter & cheviller trois toises courantes par jour.

Quand un rempart n'est revêtu que de gasons, on le fraise à la hauteur du terre-plain; c'est-à-dire qu'on l'herrisse de pallissades posées horizontalement ayant trois pieds de saillie sur trois pouces de pente, elles sont couchées & chevillées sur un chevet ou linteau. Il y a des personnes qui ajoutent un second linteau sur l'extrémité qui est enterrée, afin qu'on trouve plus de difficulté à les arracher; mais cela paroît assés inutile. Ces pallissades sont espacées les unes des autres de 4 à 5 pouces, il en faut environ 6 à 7 par toise courante.

Comme les Ouvrages revêtus de gasons ont ordinairement une berme, on y plante aussi au bord du Fossé un autre rang de pallissade qui présente la pointe du côté de la Campagne, on leur fait faire un angle de 45 degrés avec l'horison, & leur saillie est à peu près de 4 pieds 10 pouces.

Je crois ne pouvoir mieux finir ce troisième Livre, qu'en rapportant quelques Réglemens de Mr. le Maréchal de Vauban au sujet des Travaux, qui conviendront parfaitement ici pour donner aux jeunes Ingenieurs une idée générale de la façon dont se doivent faire les toisés des Ouvrages, & ce qu'il faut suivre pour avoir de l'ordre & de l'arrangement quand on est chargé du détail.

Réglemens de Mr. le Maréchal de Vauban, pour la Conduite des Travaux.

„ L'Ingenieur qui sera chargé en Chef des Travaux d'une Place
 „ fera tous les ans un Registre où chaque Article de l'état des Ouvrages ordonnés pour la même année, aura sa feuille en particulier, dans laquelle tous les payemens de la dépense seront rapportés en gros & en détail depuis le commencement de son exécution jusqu'à sa fin, conformément aux marchés qui en auront été faits & aux comptes & toisés qui seront arrêtés de tems en tems avec les Entrepreneurs; moyennant quoi il lui sera aisé, en quelque tems que ce soit, de faire voir l'état des Ouvrages dont on pourra tirer des connoissances nécessaires pour le tems de leur durée

„ durée, & les moyens de les pouvoir achever.

„ Les Entrepreneurs n'en commenceront aucun en gros ni en
 „ détail, qu'on ne leur ait donné la figure & l'étendue au juste,
 „ marqué toutes les hauteurs & profondeurs, & fait un toisé gé-
 „ ral, du contenu duquel on leur donnera copie, qu'ils signeront.
 „ Après qu'ils les auront achevés, ils seront mesurés pour la seconde
 „ fois; & si la quantité, qu'on aura trouvée à la fin, diffère du com-
 „ mencement, on prendra toujours le moindre nombre pour le
 „ compte du Roy; ce qui se doit entendre pour le remuement des
 „ terres seulement; car pour la maçonnerie il pourroit y avoir des
 „ changemens dans la fondation, qui seroient si éloignés du toisé
 „ estimatif, qu'on ne pourroit pas s'y tenir sans tomber volontai-
 „ rement dans une erreur considerable.

„ Tous les ouvrages de terre seront mesurés par l'excavation
 „ des fossés d'où on les aura tirés, à moins qu'il ne fût expresse-
 „ ment spécifié par le marché de la faire autrement.

„ Tous les temoins de terre seront faits en profils, & non en pi-
 „ ramide, à cause des abus & tromperies qui s'y commettent: &
 „ ici se feront toujours de concert avec l'Ingenieur, & l'Entrepre-
 „ neur.

„ L'Ingenieur ne fera payer personne à bon compte, sur les ou-
 „ vrages, qu'il ne soit certain, par un bon mesurage, de la possibi-
 „ lité de le faire ou non, sans rien hazarder pour le Roy.

„ A l'égard des ouvrages de maçonnerie, on tiendra des atta-
 „ chemens ou des memoires exacts, signés reciproquement de l'In-
 „ genieur & de l'Entrepreneur, & même des principaux conduc-
 „ teurs des ouvrages, où toutes les épaisseurs, longueurs, & hau-
 „ teurs de chaque partie, seront nettement expliquées, spécifiant
 „ bien l'endroit de chacune, afin d'éviter toute sorte d'embrouille-
 „ ment & de supercherie dans les toisés generaux.

„ Pour la charpenterie, on tiendra des attachemens de même
 „ de tous les bois qui seront attachés, & de ceux qui ne le seront
 „ pas, spécifiant bien le nom de chaque espece, & même figurant
 „ à la marge, le mieux qu'il sera possible, la partie dont il est ques-
 „ tion, afin d'éviter toute obscurité.

„ La même chose sera aussi observée pour la maçonnerie, tout
 „ autant de fois qu'on croira en avoir besoin, pour plus grand éclair-
 „ cissement.

„ Tous les ouvrages de fer seront pesés à la livre de seize onces
 „ en presence de l'Ingenieur, après qu'ils auront été forgés, avant
 „ que d'être employés.

M 2

„ Ceux

52 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

„ Ceux de maçonnerie à la toise cube, si c'est de gros murs
„ ou à la toise quarrée, si c'est de simple mur comme des Cazer-
„ nes, magasins, corps de gardes, & autres.

„ Le mesurage de terre se fera à la toise cube de France, celui
„ des gasons à queue, gasons plats, & placages, à la toise quarrée,
„ celui de la charpenterie au cent de solives.

„ Sur la fin de chaque année, au tems que les ouvrages finis-
„ sent, l'Ingenieur arrêtera toutes les dépenses qui auront été fai-
„ tes, sur son registre, & rapportera sur son projet de l'année cou-
„ rante, l'état où seront les ouvrages de la place, & ce que cha-
„ cun aura coûté, en marge, vis-à-vis de son article; contant
„ après les revenans bon, ou les dettes qui s'y trouveront, pour fai-
„ re état des premiers, comme fonds déjà reçus, & des seconds,
„ comme premier fonds à demander sur le projet de l'an prochain,
„ ensuite de quoi il y travaillera, y rapportant tous les ouvrages qui
„ auront été réglés, avec l'estimation de chacun en particulier, le
„ plus juste qu'il sera possible, afin que l'on puisse choisir ceux que
„ l'on jugera les plus nécessaires: il faudra aussi rapporter après cela,
„ le prix des matériaux en provision, qui tiendront lieu de fonds,
„ & à la fin, le nom de tous les gens employés à la fortification,
„ & les apointemens d'un chacun; & pourvû que cet ordre soit
„ exactement observé, l'on ne tombera dans aucune erreur, & l'on
„ verra toujours clair dans toutes les dépenses faites & à faire.

„ Quand on fera des toisés, soit généraux, soit particuliers, il
„ faudra bien specifier le lieu & l'endroit, la qualité des ou-
„ vrages, le nom de la piece & de l'Entrepreneur, & même les
„ marquer sur le plan, par un renvoi chifré, afin que l'on n'aye
„ point de peine à le trouver, quand il s'agira de quelque verifi-
„ cation.

„ Secondement, d'en donner les longueurs, largeurs, & profon-
„ deurs, par toises, pieds, & pouces, dans l'ordre marqué ci-après
„ avec le produit.

„ Troisièmement, d'en distinguer les portions, quand il s'en trou-
„ vera plusieurs dans la même piece, par premier, second, & troi-
„ sième. &c.

„ Quatrièmement, d'en faire toujours la suputation par toises,
„ pieds, & pouces, parce que cette façon s'explique plus claire-
„ rement, & est plus en usage, & moins sujette aux embrouille-
„ mens des fractions, que les autres.

„ S'il étoit question, par exemple, de mesurer la vuیدance du
„ fossé, vis-à-vis la face d'un Bastion, & que ce mesurage fut di-
„ visé

LIVRE III. DE LA CONSTRUCTION DES TRAVAUX. 93
 ,, visé en plusieurs parties: voici comme l'on en dressera le toisé.

Toisé du Transport des Terres qui a été fait devant la face droite du Bastion N. pour l'aprofondissement de son Fossé & l'élevation de son Rempart, entrepris par. . . & ses Associés, à raison de 50 s. pour la toise cube, marché fait le . . . du mois de . . . de l'année . . . achevé le . . . du mois de . . . de la même année.

PREMIERE PARTIE.

A commencer de la pointe du Bastion en tirant vers l'épaule.

	toises.	pieds.	pouces.		toises.	pieds.	pouces.
<i>Longueur.</i>	32	3	6	}			
<i>Largeur réduite.</i>	12	4	8		1249	0	0
<i>Profondeur.</i>	3	0	0				

SECONDE PARTIE.

	toises.	pieds.	pouces.		toises.	pieds.	pouces.
<i>Longueur.</i>	8	3	0	}			
<i>Largeur.</i>	12	4	8		325	5	0
<i>Profondeur.</i>	3	0	0				

TROISIEME PARTIE.

Foignant l'épaule du même côté attenant à la précédente.

	toises.	pieds.	pouces.		toises.	pieds.	pouces.
<i>Longueur.</i>	12	0	0	}			
<i>Largeur.</i>	12	4	8		460	0	0
<i>Profondeur.</i>	3	0	0				
TOTAL					2034	5	0

Qui à raison de 50 s. la Toise cube, font la somme de 5087 liv. 1 s. 8 d.

„ Quand il s'agit de mesurer de la Maçonnerie, si c'est à la toise
 „ cube, on tiendra le même ordre, expliquant toujours les trois
 „ dimensions; & si c'étoit à la toise quarrée, on n'en expliquera que
 „ deux longueur & largeur, ce qui se fait particulièrement pour le
 „ gazonage, placage, &c.

M 3

„ Du

94 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

„ Du surplus il faudra que les toisés soient purs & nets; c'est-à-dire, qu'on ne les doit augmenter pour y comprendre la dépense d'autres ouvrages qui n'auroient pas été résolus quelque petits qu'ils soient, il ne faut non plus faire aucune diversion des fonds qui auront été ordonnés pour la dépense des Ouvrages pour les employer à un autre, tels que pourroient être les déflections, réparations des Bâtimens, comme Corps de Gardes, Arsenaux, Magasins, &c.

„ Quand ils ont besoin de réparations, il les faut comprendre dans le projet & en représenter la nécessité au Ministre, attendu que tout toisé augmenté est fort suspect & de mauvais exemple, bien que la fin pour laquelle on l'auroit fait fût la plus juste du monde; car il est à supposer que les Ouvrages dont la dépense a été ordonnée par le Ministre, sont toujours les plus pressés, & sur cela on ne la doit point employer à d'autres. Tenir pour maxime indubitable, que toutes celles des Fortifications, qui contribuent le plus à mettre une Place en sûreté, sont toujours préférables aux autres, de quelque nature qu'ils puissent être.

„ Que si pendant le cours d'une année il vient à tomber quelque chose dans un ouvrage qu'on n'ait pas prévu, comme cela arrive fort souvent, il faut en faire une estimation particulière, & en donner promptement avis au Ministre à qui on en fera connoître la conséquence, afin qu'il ordonne de nouveaux fonds pour cela.

„ A l'égard des estimations, supposé qu'il s'agisse de faire celle d'une demi-Lune que l'on veut gazonner, fraiser, & pallissader sur la Berme ou dans le Fossé; voici comme on procédera, après avoir expliqué le lieu & la situation.

Estimation d'une demi-Lune située entre les Bastions N & O, &c.

	toises.	pieds.	pouces.		toises.	pieds.	pouces.
<i>Circuit du Fossé.</i>	10	4	0	}			
<i>Largeur réduite du Fossé.</i>	120	0	0		2300	0	0
<i>Profondeur.</i>	2	3	0				

Estimé à raison de 45 f. la toise cube, font la somme de 7200 l.

Gazonnage à quenë pour l'exterieur de la demi-Lune.

	toises.	pieds.	pouces.		toises.
<i>Longueur.</i>	118	0	0	}	
<i>Hauteur.</i>	3	0	0		354

Gazon-

Gasonnage interieur du Parapet & Banquette.

	toises.	pieds.		toises.	pieds.
Longueur.	100	0	}		
Hauteur réduite.	1	1	}	116	4

TOTAL du Gasonnage à queü. 469 toises 4 pieds, ou si
l'on veut 470 toises, quarrées, qui estimées à raison de 40 f. chaque toise
font. 940 l.

Gasons plats sur le Parapet & sur les Banquettes.

	toises.	pieds.		toises.	pieds.	pouces.
Longueur.	100	0	}			
Largeur réduite.	4	2	}	433	2	0

Qui estimées à raison de 8 f. la toise quarrée font la somme de 173 l. 6 f. 8 d.
Pour 958 toises quarrées de fascinage de 10 pieds de long, à raison de
10 f. pour chaque toise quarrée. 479 l.

Circuit réduit de la fraise & de la pallissade, à raison de 6 l. par toise
courante à tout fournir. 1230 l.

TOTAL du contenu de cette Estimation. 10112 l. 6 f. 8 d.

„ Qand il y aura quelqu'autres parties, il faudra aussi les spe-
„ cifier, comme les Ponts de communication, épuisement d'eau,
„ le revêtement des Profils, Corps de Gardes, & Réduits: cette
„ maniere doit être pratiquée dans les Estimations générales, des-
„ quelles il faudra tirer des Abregés dont un article comprendra la
„ dépense d'une pièce entiere en cette maniere.

Pour la façon de la demi-Lune ordonnée entre les Bastions N & O, toute
dépense payée, la somme de. 10112 l. 6 f. 8 d.

„ Il ne sera pas necessaire d'en faire d'autre détail, puisqu'il aura
„ été fait dans l'Estimation generale à laquelle il faudra avoir recours
„ pour plus grand éclaircissement, & c'est de cet Extrait ou Abregé
„ qu'il faudra tous les ans tirer les projets de depenses. Voilà à peu
„ près quel en sera le formulaire.

*Abregé de Dépense restante à faire pour mettre les Fortifications de la
Ville en leur entiere perfection.*

Pour la façon d'une demi-Lune de terre ordonnée entre les Bastions de
France & de Bourgogne, toute dépense payée, la somme de. . . 12000 l.
Pour

96 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

<i>Pour celle du Reduit du Corps de Garde de ladite demi-Lune la somme de</i>	2500 l.
<i>Pour achever le nettoyage des Fosséz de la Place.</i>	6000
<i>Pour la façon d'une Ecluse au bas du Chemin couvert la somme de.</i>	8400
<i>Pour six milliers de Pallissades.</i>	3000
<i>Applanissemens des Monticules, Cavins, & Comblemens de Fosséz.</i>	4500
<i>Réparations des Chemins couverts.</i>	4200
<i>La façon & fourniture de six Plate-formes sur les Batteries à barbettes du Bastion G.</i>	1200
<i>Il est dû à l'Entrepreneur sur les Ouvrages de l'année passée la somme de.</i>	1500
<i>Frais imprévus, journées, & accidens survenus dans le cours du travail.</i>	2400
TOTAL du contenu de cet Abregé.	42700 l.

„ C'est ainsi, qu'il faudra faire les Abregés, lesquels ne differeront
 „ des Etats arrêtés des Dépenses annuelles que du titre seulement;
 „ c'est dans cet Abregé que le Ministre choisira les articles pour
 „ lesquels on veut faire fonds, ensuite dequoi on les sépare de l'Esti-
 „ mation pour en faire un autre à part qui feral l'Etat de la Dépense.

Depuis que Mr. le Maréchal de Vauban a donné les Reglemens que l'on vient de voir, les Ingenieurs s'y sont conformés à peu de choses près. Il y a pourtant des Directions où on ne suit pas tout à fait le même arrangement; & c'est pour ne point adopter ce qui se fait dans l'une plutôt que dans l'autre, que j'ai rapporté à la lettre les Instructions de Mr. de Vauban preferablement à celles que j'aurois pû prendre ailleurs: au reste, il n'y a personne qui ne se mette en très-peu de tems au fait de toutes ces minuties, puisqu'il suffira de lire ou de copier les Etats & Memoires qui se font dans les places pendant le cours d'une année; je les aurois même supprimés, si les moindres choses ne meritoient toujours attention quand on ne les fait pas: il est vray, que des petits détails trop répétés ennuyent les habiles gens, qui n'y trouvent rien que d'insipide; mais, je les prie de considérer, qu'un Livre comme celui-ci n'est pas fait pour eux.

Fin du troisième Livre.



LA SCIENCE DES INGENIEURS

DANS LA CONDUITE DES TRAVAUX
DE FORTIFICATION.

LIVRE QUATRIEME.

Qui traite de la Construction des Edifices militaires & civils.

L'ON vient d'enseigner dans le Livre précédent la Construction des gros Ouvrages de Fortification, avec tous les détails auxquels il falloit avoir égard : on trouvera dans celui-ci les Edifices qui se font aux Places de Guerre, leur propriété, la maniere de les bâtir solidement, & une suite de nouveaux détails qui plairont peut-être à ceux qui ont intérêt de se les rendre familiers ; & comme l'expérience dans l'art de bâtir est la regle que l'on peut suivre avec plus d'assurance, principalement quand on n'a qu'à imiter les ouvrages qui ont déjà été exécutés avec succès,

Livre IV. A cés,

2 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

cés, j'ai crû que le parti le plus sûr étoit de rapporter exactement les plans, profils, & élévations, des édifices les plus aprouvés, qui ont été faits dans les places neuves: car comme ceux, qui en ont donné les projets, peuvent passer avec raison pour les maîtres de l'art, il est à presumer qu'ils ont fait ce qui se pouvoit de mieux, & qu'on ne peut s'écarter en suivant leurs modelles; laissant à la prudence de ceux qui les feront construire, de faire les changemens qu'ils jugeront à propos.

Comme la Maçonnerie a été expliquée assez amplement dans le troisième Livre, je ne m'y arrêterai guere dans celui-ci, parce que l'on trouvera dans le sixième des devis, qui ne laisseront rien à desirer pour la construction des ouvrages qui demandent d'être travaillés avec soin; & je ferai en sorte que toutes les matieres soient si bien liées, que, sans faire des repetitions inutiles, l'on puisse trouver dans une partie ce qui semble manquer à l'autre: n'ayant pas fait mention jusqu'ici des qualités du bois qui s'emploie dans la charpente, des précautions qu'il faut prendre pour le mettre en œuvre, & comme on peut en estimer la force ou la résistance, je commencerai d'abord par examiner toutes ces choses, ensuite j'en userai de même pour le fer; puisque ces deux matieres, après la maçonnerie, sont ce qu'il y a de plus essentiel dans la construction des édifices: enfin, je finirai ce quatrième Livre par les Maximes générales que l'on doit suivre dans l'Architecture civile, pour de-là passer au cinquième, où l'on trouvera tout ce qui peut appartenir à la decoration des mêmes édifices, afin d'être également instruit du solide & de l'agréable.

CHAPITRE PREMIER.

Des qualités du bois qui entre dans la charpente.

LE meilleur bois, qu'on puisse employer dans les édifices, est celui de chêne; parce qu'étant fort dur, il résiste mieux que tout autre au fardeau, & se conserve plus long-tems en bon état, n'étant point si sujet à se pourrir par l'humidité: il se conserve même dans l'eau des tems infinis, où il acquiert une si grande dureté, qu'il n'est presque pas possible de le travailler avec les outils; c'est ce que l'on a remarqué plusieurs fois aux pilots que l'on
a trou-

on trouve sous de vieilles demolitions des ouvrages bâtis par les Romains.

Autrefois l'on se feroit de chatenier, dans les édifices considérables, parce que l'on ignoroit la bonté du chêne; mais, l'on est revenu de cette erreur, depuis environ 150. ans, parce que le chatenier est sujet à se fendre, & à se pourrir, quand il est assis dans la maçonnerie, comme il arrive aux extremités des poutres, qui sont dans les pignons, ce qui oblige par la suite à en mettre de nouvelles; au lieu que celles de chêne se conservent en bon état, des sept ou huit cens ans, quand on a pris, avant de les couper dans les forêts, toutes les précautions, dont nous parlerons dans la suite.

L'orme est aussi un bon bois; mais on s'en sert rarement pour la charpente, parce que n'étant pas commun, on aime mieux le garder pour d'autres usages: on en fait des verrains, des moyeux, des jantes de roues, soit de moulin ou de voiture, parce qu'il se travaille bien, étant liant & point sujet à s'éclater; ce qui fait qu'on l'emploie préferablement à tout autre, dans l'artillerie, pour la construction des afuts.

Le sapin est aussi d'usage dans les édifices, quand on est à portée d'en avoir à juste prix, pour des solivaux & des planchers: on en distingue de deux sortes, le sapin ordinaire, & le sapin rouge; ce dernier est le meilleur, parce qu'il ne se casse pas si aisément que l'autre: on s'en sert assés souvent pour des palplanches, dans la construction des Ecluses, & pour les petits grillages qui sont au-dessus des fascinages des jettées, se conservant bien dans l'eau; cependant, il n'est pas trop bon pour les bâtimens, parce qu'il est sujet à s'échauffer, & à engendrer des vers qui le gâtent.

Je passe sous silence plusieurs autres especes de bois, dont on ne se sert point ordinairement pour la charpente, soit que les uns n'y conviennent point à cause de leurs mauvaises qualités, ou que les autres soient rares, & d'un prix qui les fait réserver pour des meubles ou d'autres emplois qui n'ont point de rapport à mon sujet.

Les arbres, de quelque espece qu'ils soient, participent toujours de la nature du terrain où ils sont crûs: ceux qui viennent dans un lieu aride, pierreux, ou sablonneux, sont ordinairement durs & d'un fort bon emploi; au contraire, s'ils sont venus dans un lieu bas & aquatique, ils ne sont pas d'une aussi bonne qualité, étant plus tendres, & moins propres à soutenir de grands fardeaux; mais en recompense ils se travaillent mieux pour les ouvrages de menuiserie, au lieu que les autres, par leur dureté, sont rebelles aux outils:

4 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

ceux, qui viennent du côté du midi, sont meilleurs que ceux du côté du couchant, le soleil contribuant beaucoup à les rendre plus durs, plus hauts, & plus gros; d'ailleurs, ils n'ont que très peu d'aubier, qui est une partie de l'arbre immédiatement sous l'écorce, plus tendre que le reste, qu'on peut regarder comme la matière dont l'arbre s'est augmenté depuis peu de tems, parce que tous les ans la sève commence au printems à former un nouvel aubier, qui va toujours en croissant jusqu'à la chute des feuilles, & se durcit ensuite pendant l'hiver, pour se joindre au corps de l'arbre, parce qu'alors le froid fait reserrer les pores, qui ne recevant plus le suc qui s'y introduisoit, l'arbre reste comme s'il étoit mort; mais quand la terre vient à s'échauffer au printems, la nature forme encore un nouvel aubier, & tous les ans il arrive la même chose, jusqu'à ce qu'il commence à dépérir par la vieillesse.

Il est encore à remarquer, que les arbres, qui croissent éloignés les uns des autres, & qui sont battus par les vents, comme sont ceux qui viennent sur la rive ou le bord des forêts, sont ordinairement plus durs & plus forts que les autres, qui viennent dans des lieux ferrés, où les vents ne pénètrent point; les premiers ressemblent aux hommes qui se fortifient par l'exercice & le travail: quant à la qualité des arbres en general, les meilleurs sont ceux qui sont bien sains, qui ont un droit fil, qui ne sont point roulés, rabougris, ni geliffes, & qui n'ont ni fentes ni gerçures.

L'on peut abattre le chêne depuis 60. jusqu'à 200. ans, parce que devant qu'il ait 60. ans il est trop jeune, & n'a point assez de force, & qu'après 200. ans, il deperit & ne se conserve pas si longtemps étant employé: l'âge le plus convenable, pour le couper dans toute sa force, est autour de 100. ans.

On dit communément, que le bois croît pendant 100. ans, s'entretient 100. ans, & ensuite est 100. ans à deperir: il est vrai, qu'au bout de 200. ans, un arbre deperit; mais c'est une erreur de croire qu'après 100. ans, il reste 100. autres années dans une espèce d'inaction, puisque, tandis qu'on s' imagine qu'il ne fait que s'entretenir, il augmente en grosseur jusqu'à 160. & 180. ans, comme il est aisé de s'en apercevoir quand il est abattu; il est bien vrai qu'après 100. ans un arbre n'augmente plus guère en hauteur; mais cela ne l'empêche pas de grossir, puisqu'il prend encore de la nourriture: car tout bois, qui porte des feuilles, a de la sève, & tout ce qui a de la sève doit profiter; au lieu que si la croissance d'un arbre ne duroit que pendant un siècle, il ne marqueroit plus après ce tems aucune nouvelle augmentation, ce qui est contraire à l'expérience.

Si

Si l'on veut savoir quel âge a un bois taillis ou futaye, on n'a qu'à le couper par le pied, & on apercevra un nombre de circonferences presque concentriques, qui vont come en progression depuis le centre de l'arbre jusqu'à l'écorce, qui marquent assez distinctement le nombre des croissances, & par consequent celui des années.

Le tems le plus propre pour abattre les arbres est depuis le mois d'Octobre jusqu'au commencement de Mars; parce qu'alors la sève n'est guere en action, & les pores sont plus reserrés. L'on observe aussi d'en faire la coupe dans le dernier quartier de la lune, parce qu'on prétend qu'il y a plus ou moins d'humidité dans les pores, selon que la lune croît ou decline: la maniere de les couper, quand on veut prendre toutes les mesures necessaires, est de les cerner par le pied, jusqu'à la moitié du cœur, & les laisser ainsi quelque-tems, afin que la sève, coulant par cette entaille au travers de l'aubier, ne se corrompe point dans le bois.

Comme tous les jours on achette des bois abattus, il faut, pour ne pas y être trompé, les sonder auparavant, afin que, s'ils pêchent en quelque chose, on puisse au moins en faire l'usage qui leur est le plus naturel: pour cela on répand, dans un des bouts de l'arbre, un peu d'huile d'olive bien chaude, pour connoître ce qu'il est; car s'il est venu dans un fonds marecageux, le sel de l'arbre étant acre, l'huile gresillera en la jettant; s'il est venu dans un terrain doux, & qu'il ait été coupé en tems de sève, l'huile ne s'imbibera pas entierement par-tout, il en restera vers les bords; au contraire, s'il est crû dans un lieu sec, & qu'il ait été coupé dans le tems que la sève est amortie, l'huile s'y imbibera toute entiere, & se fêchera sur le champ: prevenu de cela, il faudra prendre garde de ne point employer celui qui sera crû dans un lieu marecageux, aux endroits humides ou exposés à la pluye, parce qu'il s'y pourriroit en peu de tems: il est également dangereux de le mettre où il regne un grand soleil; car la chaleur, surprenant l'humidité dont il est rempli, l'ouvre & le fait fendre, comme on le remarque tous les jours, non seulement aux ouvrages de charpente qui sont exposés à l'air, mais même à ceux qui sont à couvert. Quand on en veut témoigner quelque mécontentement aux Entrepreneurs ou aux Charpentiers, ils répondent que c'est un effet de la force du bois; &, soit par ignorance ou par malice, ils se tirent d'affaire avec ce sot raisonnement. Cependant, comme l'on est souvent contraint d'employer des bois de bonne & mauvaise qualité, il faudra choisir le meilleur, c'est-à-dire, le moins humide,

6 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

de, pour le placer dans les lieux les plus considérables de l'édifice, & l'autre aux endroits de peu de conséquence, faisant attention que les gros bois étant vitiés sont plus sujets à se fendre & à éclater que les plus menus: il est à propos de ne faire les poutres qu'avec ce qu'on aura de meilleur, afin que par la suite, si on est contraint de renouveler quelque pièce de charpente, on ne soit pas obligé à une grande dépense, & à un travail considérable.

Il arrive souvent qu'une pièce de bois, après avoir été équarrie, paroît bien saine, tandis que le cœur en est gâté: pour ne pas y être trompé, il faut faire donner des coups de marteau à l'un des bouts, & porter l'oreille à l'autre; si on entend un bruit sourd & cassé, c'est une marque que la pièce est gâtée; au contraire, si le son est clair, c'est une preuve qu'elle est bonne.

J'ai encore à faire remarquer, que quand on peut garder à couvert quelque temps les bois avant de les débiter, ils en font d'un bien meilleur usage, parce que s'ils sont crus dans un endroit humide, ils sont moins sujets à se déjetter & à se fendre; ainsi je voudrois qu'on les gardât au moins deux ans, pour qu'ils aient le temps de s'affermir & de se consolider: s'il s'agit des ouvrages de menuiserie, il faudra les garder bien davantage; puisque, quand on ne les emploieroit qu'au bout de cinq ou six ans, l'ouvrage n'en seroit que meilleur.

Une précaution encore très nécessaire, dans l'usage journalier des bois, est de ne les employer qu'après en avoir détaché l'aubier; car pour peu qu'il en reste dans les flages, après même qu'ils ont été équarris, il est certain qu'il en occasionnera la pourriture, ou qu'il s'y engendrera des vers.

D'habiles gens prétendent, que les vers qui s'engendrent dans le bois, ne viennent point de la substance du bois même; mais que ce sont des œufs, que les vers déposent dans la terre, que la fève introduit dans les pores, où, venant à éclore après un certain temps, ils produisent les vers que l'on y voit, quand il est sec: le rapport qu'il y a de cette hypothèse, avec ce que l'on observe tous les jours, la rend assez plausible; car les bois, qui sont sujets à être vermoulus, commencent à se gâter par l'aubier, quand on y en a laissé en les équarissant, & plus l'aubier est considérable, & plus les vers y croissent en abondance: & comme les bois, qui ont beaucoup d'aubier, viennent ordinairement dans des lieux humides, où les vers sont en plus grand nombre que dans le terrain sec, il n'est donc pas surprenant qu'ils soient plus sujets à cet inconvénient que les autres.

D'au-

D'autres attribuent cette croissance des vers dans le bois à une cause différente : les mouches, disent-ils, font des œufs, ces œufs produisent des vers, qui se nourrissent & croissent. Or les mouches piquent le fruit qui leur convient, & y déposent un œuf, qui forme le ver dont le fruit est mangé : ainsi, ne peut-il pas arriver qu'elles fassent la même chose dans les arbres, & dans le bois tendre, comme est celui qui croît dans les lieux humides, & dont l'aubier est aisé à pénétrer ?

Le bois, quoique bon, se gâte quelquefois, lors qu'étant roulé il a été mis en œuvre, ce qui se connoît par les rognés ou mouches qu'il jette en dehors, qui ressemblent assés à des champignons ou à des mousserons.

Quand il est échauffé, il est encore sujet à un autre défaut, qui est de se couvrir par la suite de petites taches blanches, noires, & rousses, ce qui le fait paroître pourri ; mais ce qu'il y a de surprenant, c'est qu'un bois tel sain qu'il soit, appliqué contre un autre qui a les défauts dont nous venons de parler, participe lui-même de ces défauts au bout d'un certain tems : c'est pourquoi il faut prendre garde dans l'employ qu'on en fera, qu'il ne touche rien qui puisse l'endommager, faire même en sorte que les pièces considérables, comme les poutres, ne touchent jamais le mortier ni le plâtre, parce que ces matières les échauffent ; il seroit même à propos de laisser quelques petits trous dans les murs, à l'extrémité des poutres, afin que l'air du dehors puisse les rafraîchir.

CHAPITRE SECOND.

Où l'on fait voir la manière de calculer, ou d'estimer la force des principales pièces de Charpente, qui s'emploient dans les Bâtimens.

Depuis que j'ai commencé à m'appliquer à l'Architecture, la maçonnerie & la charpente m'ont toujours paru dignes d'une étude particulière : & après m'être satisfait sur la mécanique de la maçonnerie, j'ai considéré qu'on n'avoit aucune règle pour déterminer la résistance des pièces de charpente, qui sont sujettes à être chargées par des fardeaux considérables, & que par conséquent on ignoroit le poids que pouvoient porter les planchers des Arsenaux, ceux des Magasins pour les vivres, &c. pour ne pas
apre-

8 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

aprehender de les rompre; puis qu'excepté Mr. Parent, qui a parlé de la resistance des bois, dans les Memoires de l'Academie Royale des Sciences, (mais d'une maniere un peu trop élégante pour être entendu de tout le monde,) je ne sache personne qui en ait écrit: car je compte pour rien les proportions que quelques Architectes ont données, pour les poutres & solives selon leur portée; ayant pour maxime de ne rien admettre, qui ne soit démontré, ou au moins expliqué par un raisonnement, qui fasse valoir ce qu'on propose. Il seroit bien à souhaiter qu'on eût toujours eu cette delicateffe dans l'Architecture; elle seroit aujourd'hui à un point de perfection, auquel selon toute aparence elle n'arrivera pas si-tôt, si on ne s'y prend pas autrement que l'on n'a fait jusqu'ici, je veux dire tant qu'elle sera abandonnée au caprice de quiconque veut s'en mêler.

Comme il étoit nécessaire de joindre à la theorie, des experiences sur la force des bois qui sont le plus en usage dans les bâtimens, j'en ai fait un grand nombre dont je rapporterai le détail, parce qu'ensuite elles nous serviront à établir des regles générales, qu'il sera aisé d'appliquer dans toute sorte de cas; mais, avant d'en venir-là, il est à propos d'insinuer quelques principes dont il est nécessaire qu'on soit prevenû.

Principes sur la resistance du bois en general.

PLANCH.

12.

FIG. 1.

On suppose qu'on a une planche $EDFG$, posée de cant sur un point d'appui K , qui répond au milieu A , de la longueur, que cette planche est extrêmement mince, afin de faire abstraction de son épaisseur, & qu'à chacune de ses extrémités DE , & FG , il y a une puissance qui agit de haut en bas pour la rompre: cela posé, il est constant que, dès que les deux puissances appuyeront également, la planche commencera un peu à se courber, parce que les fibres du milieu s'allongeront, les uns plus les autres moins, & seront tendus dans la proportion de leur distance du point d'appui. Or si l'on conçoit la ligne BA , ou CA , divisée en un grand nombre de parties égales, & que chaque point de division réponde à un fibre; tous ces fibres seront en progression arithmetique, puisqu'ils composent ensemble les élémens d'un triangle: d'un autre côté, nous avons deux leviers recourbés CAG , & BAE , qui ont le même point d'appui K ; & s'il y a une puissance appliquée à chaque extrémité des bras AE , & AG , comme nous l'avons supposé, on pourra dire alors que les bras AB , & AC , répondent au fibre, ou premier lien BC , de même que les bras HA , & IA , répondent

Voyez le
Cours de
Mathéma-
tiq. art.
240.

dent au fibre *HI*, & ainsi de tous les autres qui auront des bras de leviers, plus ou moins grands, selon qu'ils seront éloignés du point d'appui; d'où il s'ensuit que les bras de leviers sont en progression arithmétique, de même que les fibres qui leur répondent, & que les progressions de part & d'autre vont se terminer à zero au point *A*; l'on peut donc dire à cause des triangles semblables, que le produit du bras de levier *AB*, par le fibre *BC*, sera celui du bras de levier *AH*, par le fibre *HI*, comme le carré de *AB*, est au carré de *AH*, & que par conséquent l'effort de tous les fibres, relativement à leurs bras de leviers, diminuent en venant vers le point d'appui, dans la raison des carrés, des termes d'une progression arithmétique; ainsi l'effort de tous les fibres étant répandu dans le triangle *ABC*, ne sera que le tiers de ce qu'il seroit, s'il étoit réuni aux extrémités *B*, & *C*, des bras de leviers *AB*, & *AC*; puisque la somme de tous les carrés de la progression ne vaut que le tiers du produit du plus grand carré, par la grandeur qui exprime la quantité des mêmes carrés; c'est pourquoi dans la suite on pourra sans difficulté supposer que la force de tous les fibres est réunie à l'extrémité du bras de levier, qui répond à la puissance résistante, quand au lieu d'admettre cette puissance telle qu'elle est effectivement, on n'en supposera que le tiers.

V. le C.
Art. 366.

Presentement, pour juger de la force du bois, commençons par examiner ce qui lui arrive quand il vient à se rompre; ainsi imaginons que l'on a posé une poutre ou solive *AC*, sur deux appuis, il est constant que si on la charge dans son milieu d'un poids considérable, la face supérieure sortira de l'alignement horizontal, pour former un angle qui sera d'abord un peu curviligne, & qui deviendra toujours plus sensible, à mesure que le poids exercera davantage sa pesanteur, jusqu'à ce que les deux moitiés *BA*, & *BC*, se sépareront dans le moment que la solive se rompra. Or remarqués qu'au commencement les fibres qui sont le long de la ligne *EF*, dans la face supérieure, paroîtront se serrer, pendant que ceux qui sont opposés dans la face inférieure s'allongeront & commenceront à se séparer: ainsi, quand la force qui les unissoit devient inférieure à la puissance qui agit, ils rompent tous presque dans le même instant, mais avant cela ils se sont trouvés d'autant plus tendus les uns que les autres, qu'ils étoient plus éloignés de la ligne *EF*, que l'on peut regarder comme le point d'appui, commun aux deux leviers recourbés *HEA*, & *GEC*, car tout ce que nous avons vu ci-devant se retrouve dans la deuxième figure; la différence est seulement, que la solive ayant une épaisseur dé-

Fig. 2.

Livre IV.

B

minée

minée EF , tous les fibres, que le poids aura à vaincre, seront exprimés ensemble par la superficie du plan $GEFI$, où si l'on veut par la base de la poutre, & alors tous ces fibres pourront être regardés comme une quantité de plans extrêmement minces, posés les uns sur les autres, dont la largeur est toujours égale à EF ; & comme la résistance de chacun dépend encore de l'éloignement où il sera du point d'appui, par rapport au bras de levier qui lui répond; il s'ensuit que pour réduire tous ces plans ou fibres à n'avoir qu'un bras de levier commun, il faudra que ce bras de levier ne soit que le tiers de la ligne EG , ou bien si l'on veut les réunir le long de la ligne GI , ou seulement au point G , extrémité du bras de levier EG , il faudra ne prendre que le tiers du plan $GBFI$; on peut donc dire que la résistance de cette solive peut être exprimée par le produit de la ligne EG , & du tiers de la base $GEFI$.

Pour rapporter cette theorie à quelque notion connue, remarquons que plus une piece de bois a de longueur, plus la puissance a de facilité à la rompre; la raison est sans doute qu'ayant un plus grand bras de levier, cette puissance doit avoir nécessairement plus d'avantage, si on n'a rien changé aux dimensions de la base, car si le plan $CEFI$ demeure le même, la résistance ou la force de la solive sera toujours exprimée par le même produit, au lieu que si on double la longueur de la solive, il ne faudra à la puissance que la moitié de la force dont elle avoit besoin auparavant pour la rompre.

Si sans toucher à la longueur de la solive, ni à l'épaisseur horizontale GI , on doubloit la hauteur EG , sa résistance seroit quadruple de ce qu'elle étoit auparavant, puisque le bras de levier EG , se trouveroit doublé aussi bien que le nombre de fibres, c'est-à-dire, le plan $GEFI$; d'où il s'ensuit, que de deux solives ou deux poutres d'un même bois, d'égale longueur & épaisseur, la première aura quatre fois plus de force que la seconde, si la hauteur verticale de la première est double de celle de la seconde, & qu'en général la résistance des poutres d'une même longueur, sont dans la raison des produits du tiers de leur base par leur hauteur verticale: mais comme ces deux produits auront toujours le même rapport, soit qu'on les laisse tels qu'ils sont, ou qu'on les multiplie l'un & l'autre par trois, il est bien plus commode de dire, qu'ayant deux poutres de même longueur AB , & EF , leur résistance sera dans la raison du produit de leurs plans CD , & GH , par leur épaisseur verticale CB , & GF , ou ce qui vaut mieux encore, *comme le produit du quarré de la hauteur verticale CB , de l'une multipliée par son*

FIG. 3.
& 4.

son épaisseur BD , est au produit du quarré de la hauteur verticale GF , de l'autre par son épaisseur horizontale FH . Il faut s'attacher à bien entendre cette dernière manière, de considérer le rapport de la résistance des poutres ou solives, parce que c'est la seule dont nous ferons mention par la suite, comme la plus simple & la plus claire.

Mais, si on avoit deux poutres comme IK , & NO , dont les longueurs fussent inégales, aussi bien que les dimensions de leurs bases, & qu'on voulut savoir la force de ces poutres posées sur les côtés LM , & PQ , il faut multiplier le quarré de la hauteur KL , de la première, par la largeur LM , de sa base, & diviser le produit par la longueur IK ; de même on multipliera le quarré de la hauteur verticale OP , de la seconde poutre, par l'épaisseur PQ , de sa base, & l'on divisera le produit par la longueur NO ; si l'on compare ensuite ces deux quotiens, leur rapport sera égal à celui de la force ou de la résistance des deux poutres, de sorte que si par exemple la hauteur KL , étoit de 12. pouces, la largeur LM , de 8. & la longueur IK , de 36. pieds, multipliant le quarré de 12. qui est 144. par 8. le produit sera 1152. qui étant divisé par 36. il vient 32. de même supposant OP , de 14. pouces, PQ , de 10. & la longueur NO , de 24. pieds, le quarré de OP , sera de 196. & son produit par PQ , 1960. qui étant divisé par 24. donne 81. deux tiers; ainsi la force de la poutre IK , sera à celle de la poutre NO , comme 32. est à 81. deux tiers; la raison de cette règle se fait assez sentir, sans qu'il soit besoin que je l'explique, puisqu'il saute aux yeux, que plus une poutre est longue, moins elle a de force; & que par conséquent si l'on prend la longueur pour diviser la quantité qui exprime sa résistance, c'est-à-dire le produit du quarré de sa hauteur, par la longueur de sa base, le quotient sera d'autant plus petit que le diviseur sera grand.

Étant prévenu que l'épaisseur verticale d'une poutre exprime le bras de levier qui répond à la puissance résistante, l'on voit que plus cette hauteur sera grande, plus la poutre aura de force, & par conséquent une même poutre posée de cant, je veux dire sur le plus petit côté de sa base, résistera d'avantage que posé sur le plat, dans la raison que la première situation lui donnera une plus grande hauteur que la seconde; par exemple, une poutre qui auroit 8. pieds sur 16. aura deux fois plus de force posée de cant, que si elle étoit posée de plat, ainsi deux poutres d'une longueur égale, & dont les bases seroient aussi égales, peuvent avoir des résistances différentes à l'infini, puisque si l'on suppose la hauteur de la base de l'une infiniment grande, & sa largeur infiniment petite, tandis que les dimensions de la base de l'autre poutre demeurent

FIG. 3.
& 6.

roient les mêmes; la résistance de la première posée de cant seroit infiniment plus grande que celle de la seconde, quoique leur solidité ou leur masse fût égale: mais comme ces sortes de suppositions ne peuvent avoir lieu dans la pratique, parce qu'il faut pour la liaison d'un bâtiment, que les poutres aient une certaine assiette, & une hauteur renfermée dans un juste milieu, il suffit de savoir, qu'après avoir donné à une poutre une assiette convenable, on ne sauroit lui donner trop d'épaisseur verticale pour la rendre capable de porter de grands fardeaux.

Dans ce que nous venons de dire, on a supposé que les poutres avoient des bases rectangulaires; mais si ces bases étoient circulaires, les mêmes choses n'en subsisteroient pas moins, les diamètres des cercles représenteront toujours les bras de leviers, qui répondent aux puissances résistantes, & leur superficie le plan des fibres que les puissances agissantes auront à vaincre.

Les Entrepreneurs & les Marchands de Bois, étant payés au cent de solives, font en sorte d'en multiplier le nombre le plus qu'il leur est possible; c'est pourquoi ils débitent les poutres & les autres grosses pièces quarrément, parce que le quarré est le plus grand de tous les rectangles qu'on peut inscrire dans le cercle d'un arbre: cependant, selon ce qu'on vient de voir, une poutre qui auroit 10 sur 14 est préférable à une autre d'une même longueur qui auroit 12 sur 12, la première contenant moins de solives que la seconde, & en même tems plus forte, le rapport de leur prix étant comme 140 à 144, tandis que celui de leur force est comme 245 à 216, qui sont deux avantages considérables: & l'Experience, qui prévient aisé souvent la Théorie, a fait apercevoir depuis long-tems, que les dimensions qu'il convenoit mieux de donner à la base d'une poutre, devoient être dans le rapport de 5 à 7, ou ce qui revient à peu-près au même, faire en sorte que le quarré de la hauteur verticale soit double du quarré de l'épaisseur horizontale, puisque le quarré de 7 qui est 49 est à une unité près, double du quarré de 5 qui est 25. Aussi Mr. Parent a démontré que la base de la plus forte poutre, qu'on pouvoit tirer du cercle d'un arbre, étoit effectivement celle dont le quarré du plus grand côté seroit double du quarré du plus petit; & en suivant son principe, voici une manière bien aisée de tracer dans le cercle d'un arbre la base qu'il faut donner à la plus forte poutre qu'on peut tirer du même arbre.

FIG. 9.

Il faut diviser le diamètre AB , de l'arbre en trois parties égales aux points C & D , abaisser la perpendiculaire DE , au-dessous du diamètre; & élever la perpendiculaire CF au-dessus, & tracer le rectangle

tangle $AEBF$, qui sera celui que l'on demande, puisqu'il est aisé de prouver que le quarré du côté FB est double du quarré de l'autre côté FA , comme on le va voir.

Si l'on nomme a , chaque partie égale du diamètre, CB fera $2a$; & comme le rectangle de AC , par CB , est égal au quarré de CF , ce quarré vaudra donc $2aa$, par conséquent l'on aura $\overline{AC}^2 + \overline{CF}^2$, $(aa + 2aa) = \overline{AF}^2 (3aa)$ de même l'on aura encore $\overline{CB}^2 + \overline{CF}^2$, $(4aa + 2aa) = \overline{FB}^2 (6aa)$ qui montre que le quarré FB , est double du quarré de FA . Les poutres étant les pièces plus essentielles de la charpente, je m'y arrêterai préférentiellement aux autres, & comme il arrive presque toujours que leurs extrémités sont engagées dans l'épaisseur des murs, & non pas simplement posées sur des apuis, comme on l'a vû ci-devant, il est nécessaire de s'attacher à ce qui est le plus d'usage, & par conséquent à ce qui peut arriver aux poutres lorsqu'étant employées dans des bâtimens, on les charge de quelque poids considérable; mais afin de rendre ce que j'ai à dire plus intelligible, je commencerai à considérer une solive ou une poutre posée horizontalement de façon qu'une de ses extrémités soit engagée dans un mur & que l'autre porte à faux, c'est-à-dire, reste en l'air sans être soutenue, ainsi voyés la muraille AB , dont l'épaisseur sera par exemple de deux pieds & demi, on suppose que l'extrémité d'une poutre est engagée dans cette muraille & bien ferrée de tout côté, en sorte que la partie EK qui est en dehors se soutiendrait d'elle même horizontalement si aucune force étrangère n'y touchoit, (parce que l'on fait abstraction de son propre poids.) Cependant si à l'extrémité K on suspendoit un poids M assez considérable pour faire plier la poutre, d'abord elle commencera à se courber & fera effort à l'autre extrémité pour sortir du mur; mais comme elle y est si bien arrêtée que le bout enfermé ne peut absolument bouger, toute la violence que l'on fera à cette poutre se terminera à l'endroit $DCHF$, de la surface, les fibres qui touchent la ligne HC , s'allongeront à mesure que l'on augmentera la pesanteur du poids M , & il y aura un instant où ceux qui sont hors du mur, se détacheront d'avec ceux qui sont dedans, & alors l'équilibre étant rompu, le poids M , emportera la poutre, & pendant que cet effort se fera, la ligne FD , qui représente le bord du trou de la muraille soutiendra toute l'action du poids & sera par conséquent le point d'appui lequel répond à un levier recourbé EDL qui sera si l'on veut formé par deux plans $GEDF$ & $FDLN$. Or comme le plan $DEGF$, comprend tous les

FIG. 11.

B 3

fibres

fibres qui doivent être rompus, si l'on suppose comme ci-devant que leur résistance soit réunie le long de la ligne EG & même au point E , l'on pourra concevoir que la puissance résistante, c'est-à-dire la force du bois est appliquée à l'extrémité du bras DE du levier EDL , tandis que la puissance agissante est à l'autre extrémité L , du bras DL , & que par conséquent ceci retombe dans tout ce que nous avons dit au sujet d'une poutre qui ayant ses extrémités posées sur deux apuis, tend à être rompue dans le milieu par l'action d'un poids qui seroit posé dessus ou suspendu.

FIG. 7.

Si l'on imagine présentement une poutre engagée par ses extrémités, dans deux murs AB & CD , qu'on suppose parallèles, je dis que si l'on charge le milieu de cette poutre d'un poids considérable, elle se cassera en trois endroits, dans le milieu & aux deux extrémités, ce qui ne peut arriver autrement, si l'on fait attention que quand la poutre commence à faire un angle dans le milieu, elle ne peut quitter la ligne horizontale EF , sans que chaque extrémité ne fasse effort pour se rompre; car tout ce que nous avons aperçu dans la 2^e & la 11^e Figure, se trouve réuni ici, puisque pour la rupture qui doit se faire dans le milieu, nous avons les deux leviers recourbés IGM & HGP , & pour celle des extrémités l'on a aussi les deux autres leviers PQH & MNI , par conséquent le poids qui seroit dans le milieu exercera l'action de sa pesanteur en trois endroits à la fois; puisque d'abord les fibres qui unissoient les points H & I , étoient tendus aussi fort que ceux qui unissoient d'une part les points M & F , & de l'autre les points E & P ; ainsi quand ceux du milieu commencent à se rompre, il s'en détache à chaque extrémité un même nombre & dans le même tems. On peut donc conclure qu'une poutre dont les extrémités sont bien engagées & ferrées dans des murs, étant chargée d'un poids considérable dans son milieu, ce poids excerce un tiers de sa pesanteur à chaque endroit qui tend à se casser, & que par conséquent on ne sauroit trop prendre de précautions dans la Construction des bâtimens pour bien engager & ferrer les extrémités des poutres, parce qu'elle en sont beaucoup plus fortes & qu'on prévient par-là les accidens qui arrivent souvent faute de bien connoître la conséquence des suites dans lesquelles on ne manque pas de tomber quand on travaille sans raisonner.

L'on dira peut-être qu'on a peine à s'imaginer qu'une poutre qui est retenue par les deux bouts, comme elles le sont ordinairement, puisse se rompre à l'endroit des apuis, puisque cela est contraire à l'expérience qui montre que cette rupture se fait toujours dans le milieu. Il est vrai que cela arrive souvent; mais, c'est par une cause qui

qui n'a rien de commun avec ce que l'on vient d'insinuer, puisque si l'on y fait attention, l'on verra que quand les poutres se courbent dans le milieu, ou sont prêtes à se rompre, leurs extrémités sont sorties de leur situation naturelle, c'est-à-dire qu'elles ont un peu charriées, ce qui provient d'ordinaire de ce que la maçonnerie qui est au-dessus s'est dégradée, ne ferre pas la poutre, & leur laisse assés de jeu pour n'être pas contre-pesée par le poids qui la maintenoit fixe, ou bien on employe des poutres trop courtes qui n'étant engagées dans le mur que de 5 ou 6 pouces, il n'y en a point une assés grande partie d'embrassée pour qu'elle pût être serrée comme il faut; & c'est en quelque maniere pour ce sujet qu'on les retient toujours par des ancrs, mais qui sont foibles ou mal acrochées & qui ne peuvent jamais faire le même effet que si la poutre reposoit sur tout l'épaisseur du mur, parce que ces ancrs se plient & suivent la poutre dans la situation qu'elle est contrainte de prendre.

Les principes que je viens d'établir, quoique très-évidens, seront sans doute reçus encore avec plus de confiance, si je montre que les Experiences, que j'ai faites sur la force du bois, sont parfaitement d'accord avec nôtre théorie; & ce qui m'a le plus satisfait dans ces Experiences, c'est de voir qu'elles se rencontroient assés bien avec celles de Mr. Parent; mais sur lesquelles je n'ai pas voulu compter que je ne visse par moi-même ce qui en étoit: or, pour qu'on puisse en tirer toute l'utilité qu'on a lieu d'en esperer, on en va voir le détail dans le Chapitre suivant, qui pourroit être justifié par 20 ou 25 Officiers d'Artillerie de l'Ecole de la Fere, qui se sont rendus à l'Arсенal de la même Place pour se convaincre de ce qu'ils m'avoient entendu dire sur la force du bois dans l'Ecole de Mathématique.

CHAPITRE TROISIEME.

Où l'on raporte plusieurs Experiences faites sur la force du bois, que l'on applique ensuite à l'usage qu'on en peut faire dans la Construction des Edifices.

POUR executer les mêmes Experiences de differente maniere, j'ai fait faire un nombre de petites Solives bien équarries & toutes de bois de chêne passablement bon, plus sec que vert, à peu-
prés

près de même qualité & coupées de façon que le fil du bois se trouvât toujours dans le même sens par rapport à la situation où il devoit être posé.

On s'est servi de deux chevalets pour tenir lieu d'apui, & l'on en a percé la tête afin d'y passer des valets de fer pour ferrer les Solives par les deux bouts quand on le jugeroit à propos; & comme dans un Arsenal tel que celui de la Fere, il y a un grand nombre de poids de toute sorte de pesanteur & des machines pour les élever, j'ai été à portée de faire plusieurs de mes Experiences en assés grand volume pour pouvoir servir de base aux consequences que j'en tirerai à la fin de ce Chapitre. Comme il est difficile de rencontrer du bois dont les morceaux quoique tirés d'une même piece soient assés égaux en toutes choses pour qu'il ne se rencontre pas de difference qui rendroit la plupart des Experiences équivoques si on n'y prenoit garde, j'ai repeté chaque Experience trois fois avec des pieces de mêmes dimensions, ensuite j'ai ajoûté ensemble les poids que chacune à portée, & le tiers de la somme m'a donné un nombre qui peut exprimer la force moyenne, & c'est ce nombre que l'on trouve à côté de l'accolade chaque Experience.

Il est bon que j'avertisse, que quand je dirai qu'une Solive a tant de longueur, on doit entendre que cette longueur est comprise entre les deux apuis, puisqu'il n'est pas necessaire de faire mention des trois ou quatre pouces qu'on a donné de plus à leur bouts pour reposer sur les apuis. J'ajouterai aussi, qu'on n'a point eü égard à la pesanteur des Solives, & que dans l'aplication que nous ferons de ces Experiences aux poutres, on fera aussi abstraction de leur poids pour rendre les calculs moins composés.

Premiere Experience.

Une Solive de 18 pouces de longueur & d'un pouce en quarré, posée sur deux apuis, sans être ferrée par ses extrémités, a porté dans son milieu un moment avant de se casser . . . 400 { liv.

Une seconde semblablement posée. . . 415 { 406

Une troisiéme semblable en tout aux précédentes 405 {

Cette experience s'accorde assés bien avec la douziéme rapportée par Mr. Parent, dans les Memoires de l'Academie Royale des Sciences de l'année 1707. où il dit qu'une piece de bois de chêne de 24 pouces de longueur sur un pouce en quarré a porté 300 liv. dans son milieu un moment avant de se rompre; & comme la nôtre de 81 pouces avoit pour longueur les trois quarts de celle de

de Mr. Parent, elle devoit porter 100 liv. de plus, aussi ne s'est-elle rompue que par l'action d'un poids d'environ 400 liv.

Seconde Experience.

Une Solive de 18 pouces de longueur sur un pouce en quarré ferrée par ses deux extrémités a porté avant de se rompre. 600 } liv.

Une seconde de même ferrée par ses extrémités. 600 } 608

Une troisième telle que les précédentes & posée de même. 624 }

Comme, dans cette seconde Experience, chaque Solive a été arrêtée par les deux bouts, la question étoit de savoir si effectivement elles romproient en trois endroits, j'ai été surpris de voir que la première qui a cassé avec le poids de 600 liv. n'étoit rompue que dans le milieu, les deux bouts ne s'étant qu'un peu courbés; mais, ayant aperçu que les valets qui serroient cette Solive avoient tant soit peu obéi, ne pouvant soutenir un si grand poids, j'ai fait retenir celle que l'on a mise en second lieu, par deux valets à chaque extrémité, au lieu d'un; &, après avoir été chargée jusqu'à la pesanteur de 600 liv. elle s'est rompuë net dans le milieu & aux extrémités, les deux morceaux du milieu étant tombés à terre dans le même tems que le poids: la troisième Solive s'est aussi cassée de même, & plusieurs autres ensuite, qu'on a seulement rompu par curiosité.

Cette Experience prouve évidemment, qu'une poutre, arrêtée & bien ferrée par les deux bouts, est capable de porter un poids beaucoup plus grand que celle qui n'est posée que sur deux apuis, la difference étant comme 3. est à 2. c'est-à-dire, que la poutre ferrée par les deux bouts est plus forte d'un tiers que celle qui ne l'est pas.

Ces deux Experiences se raportent aussi à la seconde & à la troisième de Mr. Parent, qui dit qu'ayant une piece de bois de chêne longue de 11 pouces sur 5 à 6 lignes de base posée de cant sur deux apuis sans être ferrée par les extrémités a porté 34 liv. & demi avant l'instant de sa rupture, & qu'une autre piece toute semblable à celle-ci, mais ferrée par les deux bouts, a porté 51 liv. ce qui donne aussi le raport de 3 à 2, dont je viens de parler: la 7^e. & la 8^e. Experience de cet Auteur prouvent encore la même chose.

Troisième Experience.

Une Solive de 18 pouces de longueur & de deux pouces sur un pouce d'équarrissage, posée à plat sans être arrêtée par ses ex-
Livre IV. C *tré-*

extrémités a porté. 810 } liv.

Une semblable posée de même. 795 } 805

Une troisième posée encore de même. 812 }

Ayant vû dans la première *Expérience*, qu'une Solive de 18 pouces de longueur sur un pouce en quarré posée sur deux apuis sans être ferrée a porté 400 liv. la raison veut qu'une autre Solive de même longueur & même hauteur posée aussi de même, mais qui auroit le double en largeur, porte un poids double; aussi avons-nous 805 liv. pour la force moyenne au lieu de 400, qui est une différence qui ne mérite pas d'attention.

Quatrième Expérience.

Une Solive de même dimension que dans la troisième *Expérience*, mais posée de cant sans être arrêtée par les deux bouts, a porté.

1570 } liv.

Une seconde semblable & posée de même. 1580 } 1580

Une troisième. 1590 }

Cette *Expérience* prouve que deux poutres de même longueur, & dont la largeur des bases est égale, ont leur force dans la raison des quarrés de leur hauteur, puisque la force moyenne d'une Solive qui a une hauteur double de celle de la première *Expérience*, & dont tout le reste est égal, est de 1580, qui est un nombre à peu près quadruple de 400. Elle montre aussi que la force d'une poutre posée de plat est à celle qu'elle auroit posée de cant, comme le plus petit côté de la base est au plus grand.

Cinquième Expérience.

Une Solive de trois pieds de longueur & d'un pouce en quarré, n'étant point ferrée par ses deux extrémités, a porté. 185 } liv.

Une seconde semblable & posée de même. 195 } 187

Une troisième. 180 }

Cette *Expérience* montre sensiblement que de deux poutres qui ont leurs bases égales & posées sur le même côté, la plus longue a moins de force que la plus courte dans la raison qu'elle a plus de longueur; car dans la première *Expérience* une poutre de 18 pouces de longueur, & d'un pouce en quarré, a porté 400 liv. tandis que la force moyenne d'une autre Solive de 36 pouces de longueur & de même base n'a été qu'à 187 au lieu de 200 qu'elle auroit dû porter; cette différence vient apparemment de ce que le

le bois n'étoit pas tout-à-fait si bon que celui de la premiere Experience.

Sixième Experience.

Une Solive de trois pieds de longueur & d'un pouce en quarré, arrêtée par les deux bouts, a porté. 285 } liv.

Une seconde posée de même. 280 } 283

Une troisieme. 285 }

Les Solives de cette Experience se sont rompuës en trois endroits comme dans la seconde, & leur force moyenne n'a été qu'à 283 au lieu de 300 pour être dans le même raport avec la seconde Experience; mais il n'est presque pas possible que les Experiences puissent donner juste ce que l'on devroit en attendre par raport à celles qui ont été faites les premieres: cependant l'on peut encore remarquer ici que la force moyenne des Solives de la 6^e Experience est à celle des Solives de la 5^e, à peu près comme 3 à 2, puisqu'il ne s'en faut que trois unités que ce raport soit exact, par consequent c'est un surcroît de preuve que les poutres qui ne sont posées seulement que sur deux apuis ont moins de force d'un tiers que celles qui sont serrées par les bouts.

Septième Experience.

Une Solive de trois pieds de long sur deux pouces en quarré, non arrêtée par les deux bouts, a porté. 1550 } liv.

Une seconde semblable & posée de même. 1620 } 1585

Une troisieme. 1250 }

La premiere & la seconde Solive de cette Experience ont porté à peu près le poids qui devoit exprimer leur force par raport à la premiere & la cinquieme Experience; cependant la premiere Solive a porté 50 liv. de moins & la seconde 20 liv. de plus, puisque le poids devoit être de 1600 liv.: quant à la troisieme Solive, il s'en faut beaucoup qu'elle ait eü toute sa force, puisqu'elle n'a porté que 1250 liv.; il est vrai qu'elle a paru defectueuse avant même d'en avoir fait usage, & on n'a pas été surpris de ce qui est arrivé. Cependant, comme il ne restoit point de bois debité selon ces dimensions-là, j'ai supposé, pour trouver la force moyenne, que la troisieme Solive avoit porté la moitié de la somme des poids de la premiere & de la seconde.

Huitième Experience.

Une Solive de trois pieds de long sur 20 à 28 lignes de base, posée de cant, a porté. 1665 } liv.

Une seconde semblable posée de même. 1675 } 1660

Une troisième. 1640 }

J'ai eu dessein par cette Experience de voir de combien à peu près une Solive, qui auroit les dimensions de sa base dans le rapport de 5 à 7, auroit plus de force qu'une autre dont la base seroit quarrée, comme dans la septième Experience, & j'ai été convaincu de ce que nous avons insinué cy-devant, puisque la force moyenne des Solives de la septième Experience n'est que de 1585 liv. tandis que celle des Solives de la dernière est de 1660 qui est une différence de 75: cela ne donne pas au juste le rapport de 245 à 216, dont nous avons fait mention dans le Chapitre précédent, mais suffit pour la justification de la Théorie.

Je n'ai point fait d'Experiences sur les Solives arrêtées par un bout seulement, parce qu'il m'a paru qu'elles auroient été inutiles; celles que je viens de rapporter étant suffisantes pour établir les regles dont il va être question: je n'en ai pas fait non plus avec d'autres bois que celui de chêne; mais, comme Mr. Parent en a fait non seulement sur le chêne, mais aussi sur le sapin, il ne sera pas inutile que je dise, qu'il s'est aperçu que la force moyenne du sapin étoit à celle du chêne, comme 119. est à 100. ou environ comme 6. est à 5. d'où l'on peut conclure, que quand une certaine Solive de chêne portera 500. livres avant l'instant de se rompre, une autre de sapin toute semblable à celle-ci en portera 600. c'est-à-dire un cinquième en sus de plus que le chêne: par conséquent, quand il s'agira du bois de sapin, il sera aisé de calculer sa force par la connoissance que les Experiences precedentes nous ont données de celles du chêne.

Etant prévenu par la seconde Experience, qu'une Solive de 18. pouces de longueur & d'un pouce en quarré, serrée par les deux bouts, peut porter 600. livres avant l'instant de sa rupture, il s'ensuit qu'une autre aussi d'un pouce en quarré, & qui auroit 3. pieds ou 36. pouces de longueur, & serrée par ses deux extrémités, ne portera que 300, ce qui est confirmé par la sixième Experience: or puisque la force de deux Solives de même longueur est dans le rapport du quarré de la hauteur de chacune, multiplié par la largeur de la base; si de ces deux solives la base de l'une a un pouce

en

en quarré, & la base de l'autre 6. pouces aussi en quarré, leur force sera dans le raport des cubes des côtés de leur bases: par consequent comme un est à 216. ainsi la Solive d'un pouce en quarré & de 3. pieds de longueur portant 300. livres, arrêtée par les deux bouts, celle qui auroit 3. pieds en longueur & 6. pouces en quarré portera donc 64800. mais comme cette dernière Solive est très commode, pour servir de modèle dans la maniere de connoître la force du bois, nous nous en servirons préféablement à toute autre, pour les operations suivantes; c'est-à-dire, que nous regarderons comme indubitable, qu'une Solive de 3. pieds de longueur & de 6. pouces en quarré porte dans son milieu 64800 avant l'instant de se rompre, lors qu'elle est parfaitement ferrée par les deux bouts.

Presentement, si l'on avoit une poutre de 30. pieds de longueur entre ses deux apuis, & de 12. pouces en quarré, dont les extrémités seroient bien engagées & ferrées dans deux murs, & qu'on voulut savoir qu'elle est la charge que peut porter cette poutre dans son milieu, avant l'instant de se rompre; il faut commencer par diviser 216. par 3. c'est-à-dire, le cube de la hauteur de la Solive, qui doit servir de modele par sa longueur, & le quotient sera 72. qui doit servir de premier terme à une regle de proportion, dont le second sera le poids que peut porter cette solive, c'est-à-dire, 64800. pour avoir le troisième terme, il faut quarrer la hauteur de la poutre dont il est question, multiplier ce quarré par la largeur de la base, diviser ensuite le produit qui est ici 1728. par la longueur de la poutre, qu'on suppose être de 30. pieds, & en prendre le quotient; faisant la regle comme à l'ordinaire, le quatrième terme donnera le poids que doit porter la poutre, qui se trouvera de 51840., on aura de même la force de toute autre poutre, dont les dimensions seroient telles qu'on voudra.

Si la poutre, dont on demande la force, n'étoit point ferrée par ses deux bouts, mais seulement posée sur deux apuis; on pourra faire la même regle que ci-dessus, & prendre les deux tiers du poids que le calcul aura donné, puisque l'on sait qu'une poutre dans cette situation porte un tiers moins que la précédente.

Nous avons supposé jusqu'ici, que le poids étoit toujours posé dans le milieu; ce pendant, comme il peut se rencontrer dans d'autres endroits, voici une maniere de connoître la charge que portera une poutre, à tel point qu'on voudra de sa longueur, pour qu'elle résiste autant qu'elle le feroit si elle étoit chargée dans le milieu.

FIG. 12.

Suposant une poutre AB , de 24. pieds de longueur, & de 10. pouces sur 14. d'équarissage, posée de cant, & ferrée par ses deux bouts, on demande quel poids elle peut porter aux deux tiers de sa longueur, avant l'instant de se rompre; pour cela, il faut commencer par chercher la pesanteur du poids E , qu'elle portera dans son milieu, & on trouvera qu'il est de 73500. livres: or si on se rapelle que l'action de ce poids est partagée en trois, dont un tiers agit à l'extrémité A , un autre à l'extrémité B , & le troisième dans le milieu D , l'on verra qu'afin que la poutre soit chargée aux deux tiers C , comme elle le seroit dans le milieu, avec le poids de 73500. il faut que chaque bout soit tiré de la même façon, c'est pourquoi je multiplie 24500. qui est le tiers du poids E , par 12. qui est la longueur du bras de levier AD , ou BD , qui répond aux extrémités, & divise le produit par les deux-tiers de la longueur de la poutre, qui expriment alors le bras de levier CB , qui répond au bout B , & le quotient 18375. est la partie du poids qui doit agir à l'extrémité C de ce levier, pour faire le même effet que le tiers du poids E , fait en D pour avoir la partie du poids qui doit tirer l'autre bout A , de la même façon que l'est le précédent, je multiplie encore 24500. par 12. & divise le produit par l'autre tiers AC , de la longueur de la poutre, c'est-à-dire, par 8. pour avoir 36750. qui est ce que l'on demande; enfin comme les deux bouts ne pouvoient être rompus ci-devant que par l'action du tiers qui agit dans le milieu, il faut donc suposer que la poutre est encore chargée au point C , du poids de 24500. ainsi ajoutant ce nombre avec les deux précédens, c'est-à-dire, avec 18375. & 36750. l'on aura 79625. pour la valeur du poids G , que la poutre peut porter à l'endroit C pour être chargée de la même façon qu'elle le seroit si elle avoit porté dans son milieu le poids E de 73500. qui n'est ici qu'imaginaire, puisqu'il en faut faire abstraction, & ne considérer la poutre chargée que du seul poids G .

Si on vouloit charger une poutre de plusieurs poids, posés à differens endroits de sa longueur, & qu'on desirât savoir quel rapport il y a de cette charge avec celle que la poutre peut porter avant l'instant de se rompre, il faudra commencer par chercher quel est le poids que cette poutre peut porter dans le milieu, ensuite suposer qu'on a réuni tous les poids dont il est question dans le même milieu, alors on pourra comparer ce poids avec celui que la poutre est capable de soutenir, & l'on verra s'il est plus grand ou plus petit, pour juger du parti qu'il faudra prendre.

Comme il ne conviendrait pas de charger les poutres de tout le

le poids qu'elles peuvent porter avant l'instant de se rompre, puis qu'elles se romproient effectivement, & ne pourroient plus être d'usage; je croi que, pour agir en toute sûreté, & ne les point forcer, on ne doit les charger au plus dans le milieu, qui est l'endroit le plus foible, qu'environ de la moitié du poids sous lequel elles pourroient être rompuës; ainsi, ayant trouvé par le calcul précédent, qu'une poutre qui auroit 24. pieds de long, sur 10. à 14. pouces d'équarrissage & posée de cant, peut soutenir dans le milieu de sa longueur, un poids de 73500. on ne doit charger cette poutre au plus que de 36750. on peut d'autant mieux compter sur cette règle, qu'il n'arrive jamais que le poids dont on charge les planchers que soutiennent les poutres, soit parfaitement réuni dans le milieu, comme s'il y étoit suspendu à l'aide de quelque cordage, puisque les corps pesans ont toujours un certain volume qui occupe une partie de la longueur de la poutre, & diminué par conséquent du bras de levier, ce qui fait qu'elles résistent avec plus d'avantage, & se ressentent moins du fardeau qu'elles portent.

Nous supposons ici que les poutres portent tout le poids dont les planchers peuvent être chargés; car quand même le poids seroit sur les solives entre deux poutres, ces solives étant appuyées sur les poutres, c'est toujours sur elles que se termine toute la charge; aussi quand les planchers viennent à manquer, ce n'est jamais que par-là & rarement par les solives, parce qu'elles n'ont pas beaucoup de portée; mais s'il falloit avoir égard à leur force, on pourra connoître la résistance dont elles seront capables comme on a fait pour les poutres, avec cette attention cependant qu'on doit les regarder comme des pièces posées sur deux appuis sans y être ferrées par les extrémités, & que par conséquent elles ont un tiers moins de force à proportion que les poutres.

N'ayant parlé jusqu'ici que des poutres dont les dimensions étoient connues, il nous reste à examiner comme on peut trouver quelle doit être la grosseur d'un arbre dont on voudroit tirer une poutre qui fut la plus forte de toutes celles que peut fournir le même arbre, & qui soit en même tems capable de porter dans son milieu un poids donné. Il est constant qu'ayant deux arbres dont les diamètres *AB* & *GH*, sont inégaux, que voulant en tirer les deux plus fortes poutres qu'ils peuvent donner, ces poutres auront des bases semblables, puisque les rectangles *FE* & *KI*, auront été tracés de la même manière. Or si les poutres ont des longueurs égales, leurs forces seront comme les parallépipèdes, compris sous le carré du côté *FB*, & le côté

FIG. 9.
& 10.

24 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

côté FA , est au parallépipède, compris sous le quarré du côté KH , & la ligne KG ; mais GI , étant à GK , :: AE , AF , il s'en suit que ces parallépipèdes seront semblables, & dans la raison des cubes de leurs côtés homologues FB , & KH , ou bien dans la raison des cubes des diamètres ou diagonales AB , & GH , à cause des triangles semblables AFB , & GKH , par conséquent l'on pourra prendre les cubes des diamètres, au lieu des parallépipèdes pour exprimer la force des deux poutres, en suposant toujours que leurs longueurs sont égales; mais si elles étoient différentes, on connoîtra encore le rapport de leur force, en divisant le cube de chaque diametre par la longueur de la poutre qui luy répond.

Si l'on supose presentement qu'on a tiré du cercle FE une poutre dont on connoît la longueur, la base FE & le poids que cette poutre peut porter avant l'instant de se rompre, & qu'on veuille savoir quel doit être le diamètre de l'arbre d'où l'on veut tirer une autre poutre dont la base soit semblable à la précédente, ensorte que cette poutre soit capable de porter un poids donné, il faut chercher par l'Algebre une formule qui nous enseigne la maniere dont il faudra s'y prendre.

Fig. 6.

Prenant la poutre NP pour celle qui doit servir de modele, nous nommerons la diagonale OQ , a ; sa longueur NO , b ; & le poids qu'elle peut porter m ; de même nous nommerons x , la diagonale de la base que l'on cherche, d , la longueur de la poutre qui appartient à cette base, & n , le poids donné; & alors on aura m, n :: $\frac{a^3}{b^3} : \frac{x^3}{d^3}$; c'est-à-dire que le poids que peut porter la poutre NP , est au poids que doit porter la poutre dont on demande la base, comme le cube de la diagonale NQ , divisé par la longueur NO , est au cube du diamètre du cercle que l'on demande divisé par la longueur de la poutre qui répond à ce diamètre. Or si de cette proportion on en forme une équation on aura $\frac{na^3}{b^3} = \frac{mx^3}{d^3}$ qui étant divisée par m , & multipliée par d , afin de dégager l'inconnuë il vient $\frac{dna^3}{bm} = x^3$ dont extrayant la racine cube, l'on a $\sqrt[3]{\frac{dna^3}{bm}} = x$, qui donne la valeur de l'inconnuë, que l'on trouvera en suivant ce qu'enseignent les lettres qui composent le premier membre, comme nous allons le détailler.

Suposant que la poutre NP , qui doit servir de modele, soit de 24 pieds de longueur, sa hauteur OP de 14 pouces, & la largeur PQ de 10, le quarré de 14 étant à peu-près double de celui de 10, le

le rectangle RP , pourra être considéré comme semblable à celui que nous cherchons, & comme l'on a le rectangle OPQ , il sera aisé d'avoir la diagonale OQ , qu'on trouvera environ de 17 pouces 3 lignes, qui est la valeur de a ; ainsi cubant ce nombre l'on aura $5132 = a^3$, $24 = b$; & comme nous avons vû ci-devant, qu'une poutre telle que celle-ci pouvoit porter dans son milieu 73500 liv. avant l'instant de se rompre lorsqu'elle étoit bien serrée par ses extrémités, on aura donc $73500 = m$, par conséquent la valeur des trois quantités qui apartiennent à la poutre qui doit servir de modele; & si la poutre dont on cherche la base a 30 pieds de longueur, on aura $30 = d$, & il ne restera plus qu'à savoir quel est le poids qu'on veut faire porter à cette poutre, & de quelle façon on veut qu'elle le porte; car ou l'action de ce poids sera en équilibre avec la résistance de la poutre & même un peu plus fort que cette résistance pour causer la rupture, ou bien la résistance de la poutre sera tellement au-dessus du poids, qu'on n'aura pas lieu d'aprehender qu'elle casse, qui est le cas qui convient à l'usage, puisqu'on ne fait pas des poutres pour les rompre, & comme j'ai dit ailleurs qu'il ne falloit les charger que de la moitié du poids qu'elles pouvoient porter avant l'instant de se rompre, il faut donc pour suivre ce principe faire comme si la poutre dont on cherche la base devoit porter un poids double de celui qu'elle portera en effet, parce qu'alors sa résistance sera double de l'effort qu'elle aura à soutenir, c'est pourquoi voulant qu'elle puisse porter 100000 l. nous suposerons qu'elle peut en porter 200000, ainsi on aura $200000 = n$, qui est la valeur de la dernière lettre qui nous restoit à connoître.

Pour suivre ce qu'enseigne la formule $\sqrt[3]{\frac{dna^3}{bm}} = x$, on commencera par multiplier la valeur de d & de n , l'une par l'autre, qui donneront 6000000 qu'il faut multiplier par la valeur de a^3 , l'on aura $30792000000 = dna^3$, qu'il faut diviser par la valeur de bm ; c'est-à-dire par le produit de 24 & de 73500 qui est 1764000, & le quotient donnera $17455 = \frac{dna^3}{bm}$, dont il faut extraire la racine cube qui fera à peu-près de 25 pouces 6 lignes pour la valeur de x ; c'est-à-dire pour le diamètre de l'arbre d'où l'on veut tirer la poutre que l'on demande.

Si l'on vouloit savoir en nombre quelle est la valeur des deux côtés GI & IH , de la base de la poutre qu'on doit tirer du cercle KI , dont le diamètre GH , est de 25 pouces & demi, remarqués que le quarré du côté GI , étant double de celui du côté IH , le premier

Livre IV.

D

fera

fera les deux tiers du quarré du diamètre GH , & le second le tiers même, ainsi quarrant 25 & demi si l'on prend à part le tiers & les deux tiers du produit, & qu'on extraye la racine quarrée de chacune de ces quantités, elles donneront à peu-près 14 pouces 8 lignes, & 20 pouces 8 lignes, pour la valeur des côtés GI & IH , c'est-à-dire pour les dimensions de l'équarrissage.

Il est bon de dire que toutes les fois que nous avons parlé du cercle d'un arbre, nous avons toujours entendu la partie intérieure de l'arbre, qui n'a ni aubier ni écorce, mais qui est dure & de bonne consistance; & que quand il étoit question d'en tirer une poutre, on commençoit à tracer avec le compas un cercle dont le centre étoit celui de l'arbre même, & dont le rayon alloit se terminer un peu au-dessous de l'écorce; & que c'étoit le diamètre de ce cercle là qu'il falloit diviser en trois parties égales, pour tracer la base de la poutre que l'on demande: de même, après avoir trouvé le diamètre d'un arbre duquel on veut tirer une poutre, comme dans l'opération précédente, il faut toujours supposer que l'arbre doit avoir au moins un diamètre de 3 pouces plus grand que celui qu'on aura trouvé, afin d'avoir égard au déchet.

Voici encore un cas que je ne passerai pas sous silence, espérant qu'il servira dans les occasions qui peuvent se présenter.

La longueur d'une poutre étant donnée, & le côté sur lequel elle doit être posée, on demande quelle doit être son épaisseur verticale, pour être capable de porter dans son milieu un poids donné.

Pour cela, nous supposerons que la poutre, qui doit servir de modèle, a pour base un quarré, dont le côté sera nommé a , la longueur de la poutre b , & le poids qu'elle peut porter avant l'instant de se rompre, m ; que la longueur de la poutre qui fait le sujet de la question est nommée d ; le côté de la base que l'on connoît, c ; celui que l'on cherche, x ; & le poids que cette poutre doit porter, n : cela posé, si on multiplie le quarré de la hauteur verticale de chaque poutre par son épaisseur, & que l'on divise chaque produit par la longueur des poutres auxquelles elles appartiennent, on pourra avec les deux quotiens, & les poids que ces poutres peuvent porter avant l'instant de se rompre, former cette proportion, $m, n ::$

$\frac{a^3}{b}, \frac{c^3}{d}$ qui donne $\frac{na}{b} = \frac{mc}{d}$, & multipliant cette équation par d , & la divisant ensuite par mc , l'on aura après avoir extrait la racine quarrée de chaque membre, $\frac{\sqrt{dna^3}}{bcm} = x$, qui est une formule, dont

voici l'application.

Pre-

Prenant pour modele la Solive de 3 pieds de longueur sur 6 pouces en quarré, qui porte un poids de 64500 liv. l'on aura $a^2 = 216$, $b = 3$, $m = 64500$. Si presentement la poutre, dont il est question, a 24 pieds de longueur, que le côté sur lequel elle doit être posée soit de 12 pouces, & que le poids qu'elle doit porter pour n'être pas en danger de se rompre, soit de 70000. il faut doubler ce poids, pour les raisons que j'ai dit ci-devant, & alors il sera considéré comme étant de 140000. Ainsi nous aurons donc $d = 24$, $c = 12$, & $n = 140000$; c'est pourquoi il n'est plus question que de suivre ce qu'enseigne la formule, c'est-à-dire multiplier les valeurs de d & de n l'une par l'autre, & le produit 3360000. par la valeur de a^2 , c'est-à-dire par 216 pour avoir 725760000. $= dna^2$ qu'il faut diviser par le produit des trois nombres qui expriment la valeur de b , c , m , lequel donnera 2322000. $= b, c, m$; & le quotient fera 312, dont il faut extraire la racine quarrée qu'on trouvera de 17 pouces, 7 lignes, 11 points, pour la hauteur verticale de la poutre.

Si la hauteur verticale étoit donnée, & qu'on voulût trouver l'épaisseur horifontale, nommant cette épaisseur x ; & l'autre c ; & tout le reste avec les mêmes lettres, alors la formule se changeroit en celle-ci $\frac{dna^2}{bmcc} = x$.

Enfin, si les deux dimensions de l'équarissage étoient données, & qu'on voulût sçavoir quelle doit être la longueur d'une poutre pour casser sous l'effort du poids n ; nommant c , la hauteur verticale, f l'épaisseur horifontale; nous servant toujours du même modele, nous

aurons encore m, n , : $\frac{a^2}{b}, \frac{ccf}{n}$ d'où l'on tire cette formule, après avoir dégagé l'inconnue $\frac{bcfsm}{na^2} = x$.

Comme de toutes les situations qu'on peut donner à une pièce de bois par rapport à sa longueur, il n'y en a point où elle ait moins de force, que quand elle est posée horifontalement, il est à propos d'examiner ce qui arrive quand elle est posée obliquement.

Si l'on considère la poutre AB posée sur deux appuis, dont l'un est beaucoup plus élevé que l'autre, il est constant que le poids D qui seroit suspendu dans le milieu de sa longueur, n'agissant point selon une direction perpendiculaire au bras de levier, fera d'autant moins d'effort pour rompre cette poutre, que l'angle CFG formé par l'obliquité de la poutre, & la ligne horifontale FG approchera davantage de valoir un droit, jusques-là que si la poutre étoit perpendiculaire à l'horison, c'est-à-dire que l'angle CFG fût effectivement droit,

D 2

le

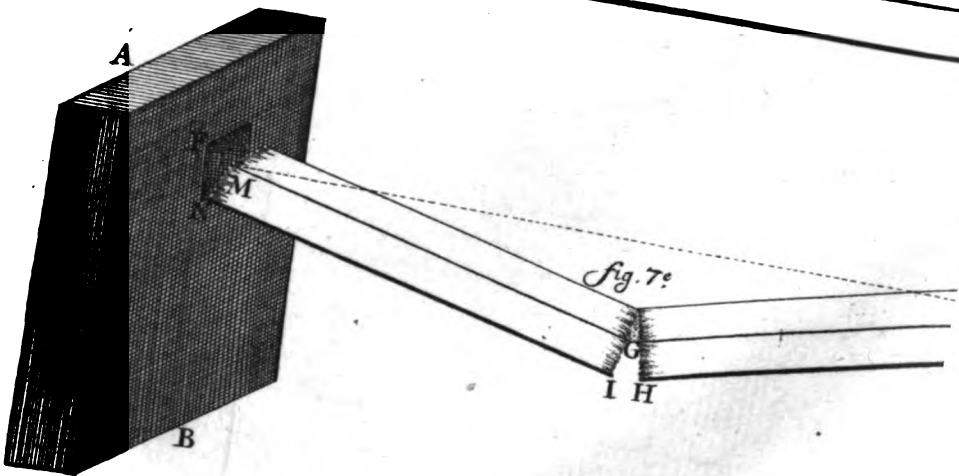
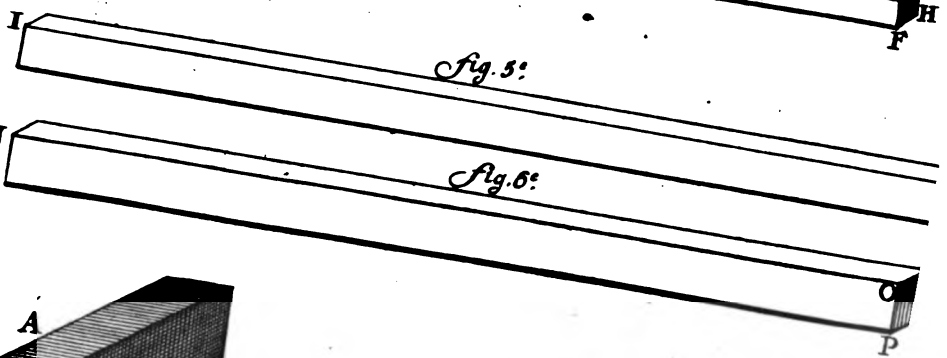
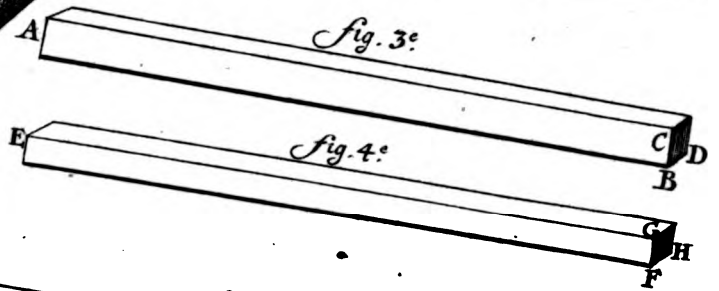
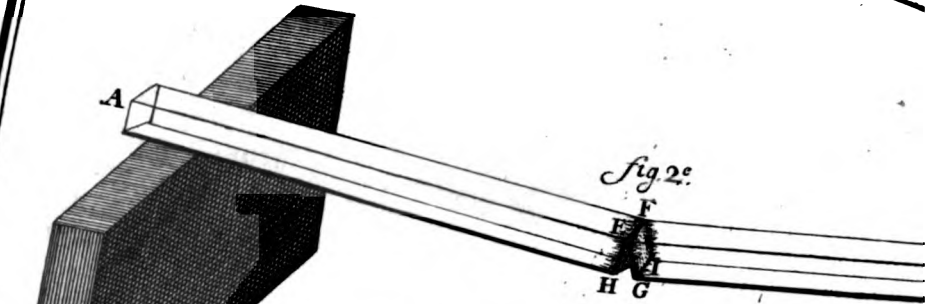
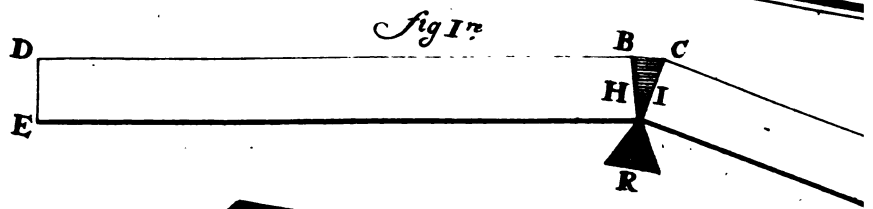
FIG. 8.

le poids \mathcal{D} ne feroit plus aucun effet, parce que sa direction & celle du levier se trouveroient dans une même ligne. Mais si la poutre est seulement inclinée, comme nous la supposons ici, alors on n'a qu'à faire le parallélogramme rectangle $EFCH$, & l'action du poids sur la poutre posé horizontalement sera à celle du même poids, quand cette poutre est oblique, comme la diagonale EC est au côté EF , ou, ce qui revient au même, comme le sinus de l'angle CFE , est au sinus de l'angle FCE : de sorte que si l'on vouloit que cette poutre fût changée dans la situation oblique de la même façon qu'elle le feroit si elle étoit horizontale, pour être rompuë dans l'un & l'autre cas, l'on voit que quand il faudra dans la situation horizontale un poids exprimé par le côté FE , ou par le sinus de l'angle FCE , celui pour la situation oblique doit être exprimé par la diagonale EC ; par conséquent lorsque l'angle FCE devient si petit, que les deux lignes CE & CA se trouvent confonduës, ce qui arrive quand la poutre est perpendiculaire à l'horison, la ligne CE n'étant plus déterminée, le poids que peut porter la poutre devient inexprimable.

Bullet, en parlant de la charpente dans son *Architecture pratique*, dit que la force d'une pièce de bois, qui est inclinée, augmente dans la raison de l'ouverture des angles que cette pièce forme avec la ligne horizontale; &, comme bien des gens ajoutent foi à tout ce que rapporte un Auteur qui a quelque réputation, je croi qu'il est à propos d'exposer ici mot pour mot le sentiment de celui que je viens de citer, afin de faire ensuite quelques Remarques qui ne seront peut-être pas inutiles.

„ A l'égard de la grosseur des bois, dit-il, l'on peut savoir que
 „ ceux, que l'on employe aux combles, n'ont pas besoin d'être si
 „ gros par rapport à leur longueur, que ceux qu'on employe aux
 „ planchers, car ceux-ci sont posés de niveau, & souffrent beau-
 „ coup davantage que ceux des combles qui sont inclinés, & on
 „ ne doit pas douter qu'une pièce de bois posée de bout, ne por-
 „ te sans comparaison plus dans une même grosseur & longueur,
 „ que si elle étoit posée de niveau; ensorte que suposant qu'une
 „ pièce de bois puisse porter, par exemple, 1000 étant posée de
 „ niveau, & qu'étant posée de bout elle porte 3000, si on l'in-
 „ cline d'un demi-angle droit, elle doit porter 2000, & ainsi des
 „ autres angles plus ou moins inclinés à proportion.

Tout le monde pense avec Bullet, qu'il ne faut pas donner tant de grosseur aux chevrons d'un comble, qu'aux solives d'un plancher, non seulement par rapport à la situation avantageuse des premiers, mais aussi parce que les chevrons ne portent jamais d'autre poids



poids que celui de la couverture, au lieu que les solives, indépendamment des planchers qu'elles soutiennent, doivent être aussi capables de porter la pesanteur de tous les corps étrangers dont on voudroit les charger, selon l'usage des lieux où elles sont employées: mais à l'égard du bois posé obliquement, je ne vois point sur quel fondement il dit, qu'une piece, qui seroit inclinée sous un angle de 45. degrés, portera un poids moyen arithmetique, entre celui qu'elle porteroit si elle étoit horizontale, & entre l'autre qu'elle soutiendrait si elle étoit de bout; car l'on peut bien connoître ce que peut porter cette piece quand elle sera horizontale, en suivant les regles précédentes, mais il n'est pas possible de déterminer ce qu'elle portera étant de bout, le poids dans cette dernière situation ne pouvant être exprimé, par conséquent il n'est pas possible de trouver des termes moyens: ce n'est pas que je veuille dire qu'une piece de bois, posée de bout, soit capable de porter un fardeau immense, je fais bien que quand elle aura une certaine hauteur, elle pourra plier, & même se rompre; mais quand cela arrive ce n'est pas l'effet d'une cause susceptible d'aucune regle, c'est que le poids ne porte pas à plomb, & pousse obliquement, ou que le bois lui même n'est pas bien perpendiculaire, ou ce qui paroît le plus vraisemblable encore, c'est que le fil peut en être oblique, & par conséquent tendre à se casser du côté le plus foible; mais comme il suffit de savoir ce qu'une piece de charpente peut porter étant horizontale, pour juger de ce qu'elle portera quand elle sera mise dans une situation oblique; l'on voit selon ce que j'ai dit ci-devant, que cette force n'augmente point dans la raison de l'ouverture des angles, mais selon que le sinus total se trouve plus grand que les sinus des complemens des angles, formés par la ligne horizontale & la piece.

Un peu après, cet Auteur continuë en ces termes: „ Il y auroit
 „ beaucoup de choses à dire sur la grosseur que les bois doivent
 „ avoir, par rapport à leur longueur & à leur usage, quand même
 „ on les suposeroit généralement tous de même qualité, ce qui arrive
 „ rarement; cette question ne peut pas être résolue par les
 „ regles de Geometrie, parce que la connoissance de la bonne &
 „ mauvaise qualité des bois appartient à la Physique; ainsi il faut se
 „ contenter de l'experience, avec laquelle on peut donner quelques
 „ regles, pour les différentes grosseurs des poutres, par rapport
 „ à leur longueur, suposant néanmoins que la charge n'en soit
 „ pas excessive, comme quand on fait porter plusieurs cloisons &
 „ planchers l'un sur l'autre à une même poutre, ce que j'ai vu en

30 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

„ plusieurs endroits, & ce qu'il faut absolument éviter. Voici une
 „ table pour avoir la grosseur des poutres suivant leur longueur,
 „ donnée de 3 pieds en 3 pieds, depuis 12 jusqu'à 42 pieds, laquel-
 „ le table a été faite par une regle fondée sur l'experience, dont
 „ chacun pourra se servir comme il jugera à propos pour son utilité.

Longueur des poutres.	leur largeur.	leur hauteur.
Une poutre de 12 pieds aura . .	10 pouces sur . .	12 pouces.
15	11	13
18	12	15
21	13	16
24	13 $\frac{1}{2}$	18
27	15	19
30	16	21
33	17	22
36	18	23
39	19	24
42	20	25

Il a raison de dire, qu'il arrive rarement qu'on rencontre des bois de même qualité; mais, c'est à tort qu'il croit que les regles de la Geometrie ne peuvent être d'aucune utilité, pour proportionner leur grosseur à leur longueur, quand on fera abstraction de la difference de leur force naturelle, puisque je ne crois pas qu'on puisse y arriver par d'autres voyes, car independamment des experiences qu'on a rapportées ci-devant, il suffira que l'usage nous ait appris que des poutres, des solives, des chevrons &c. d'une certaine longueur & d'une grosseur déterminée, ayent toujours bien réussi, pour qu'on puisse après cela trouver les bases qu'il convient de donner à ces mêmes pieces, si on étoit dans la necessité de les employer beaucoup plus longues, & alors la pratique seule ne suffit pas pour juger exactement de la grosseur des bois; c'est pourquoi je ne vois pas qu'on puisse se servir surement de la table qu'il donne, ne rendant aucune raison de la maniere dont elle a été calculée; j'ai même voulu voir si les poutres, qui y sont rapportées, répondoient tant soit peu aux regles qui devoient leur convenir, mais je n'ai rien aperçu qui en aprochât. Si j'ai fait mention du Livre de Bullet, ce n'a été que pour faire sentir aux personnes qui veulent s'apliquer à l'Art de bâtir, combien il est important qu'ils ayent quelques principes de theorie, qui puissent les guider dans la pratique.

Voilà

Voilà ce que je m'étois proposé de dire sur la manière de connoître la force des bois, qui sont en usage dans les bâtimens: j'avois fort envie de ne pas m'en tenir-là, & de faire d'autres applications des principes de la mécanique à la charpente, pour montrer quelle est la disposition la plus avantageuse qu'il convient de donner à l'assemblage des pieces de toute sorte d'ouvrages en général, pour être capables de résister le plus qu'il est possible, aux poussées qu'ils auroient à soutenir, avec un certain nombre de solives déterminé, nécessaire seulement pour l'exécution de ce que l'on a en vue, car on ne peut douter que dans les fermes qui soutiennent les combles, celles qui sont employées pour les jettées qui se font dans la mer, les chevalets des ponts, les portes des écluses &c. il n'y ait des puissances qui agissent & qui résistent selon certaine direction, & par conséquent des leviers de différente espece, & que tout cela ne fasse un mécanisme, dont la connoissance ne peut être que très utile, que j'aurois volontiers développé, si je m'étois trouvé plus de loisir que je n'en ai presentement; car ayant commencé à écrire quelques chapitres sur ce sujet, je me suis aperçu que pour les traiter comme il faut, je serois obligé d'embrasser un ouvrage qui deviendrait fort étendu, mais que je me propose pourtant de reprendre dans le second Volume.

CHAPITRE QUATRIEME.

Des bonnes & mauvaises Qualités du Fer.

LE grand usage que l'on fait du fer dans les travaux du genie & de l'artillerie, en rend la connoissance si nécessaire, que j'ai crû ne pouvoir me dispenser de rapporter ici toutes les Observations qui pouvoient contribuer à en faire un bon choix: pour cela, j'ai eu recours à ce que l'expérience a appris à ceux qui travaillent continuellement dans les Forges des Arsenaux du Roy; & comme je ne connois point d'Auteur qui traite mieux cette matiere que Monsieur Felibien, dans ses Memoires d'Architecture, j'ai profité aussi des Instructions qu'il donne.

Pour juger de la qualité du fer, il faut savoir de quelle Forge il vient, si la mine d'où il est tiré est douce ou cassante; & pour connoître ces mines, voici ce que l'on a remarqué sur celles qui fournissent du fer en France.

Le

Le meilleur fer, que nous ayons, est celui qui se tire des mines de *Berry*; il y a quelques années que l'on en a travaillé une grande quantité à l'Arseal de la Ferre; les ouvriers l'ont trouvé si excellent, qu'ils ne pouvoient lui donner assez d'éloge. Le fer de *Bourgogne* est aussi fort bon, cette Province en fournit pour la construction des Vaisseaux & Galeres qui se font à Toulon & à Marseille; on le tire particulièrement des Forges de *Pesmes* & de *Morambert*, parce qu'il est fort doux & aisé à employer.

Le fer de *Senonge* & celui de *Vibray*, proche Monmiral au Mans, est assez estimé, parce qu'il se forge bien, étant doux & pliant.

L'on ne fait pas grand cas du fer de *Normandie*, non plus que de celui de *Champagne* & de *Thierrage*, parce qu'il est fort cassant & d'une très mauvaise qualité.

Le fer de *Roche* est bon, s'employant bien en toute sorte d'ouvrage, de même que celui qui vient des mines de *Nivernois*; ce dernier étant fort doux, propre à faire des épées, & des canons de fusils: il est même d'une qualité qui approche fort de l'acier.

Celui qu'on tire de *Signy le petit* est dur & cassant, mal aisé à forger, le grain en est gros & clair, par conséquent d'une mauvaise qualité, aussi ne l'employe-t-on guere que pour les bombes & les boulets.

Le fer d'*Espagne* est très doux, de maniere qu'on le forge à froid comme l'argent: il y a des Forges entre St. Sebastien & le Passage, dont le fer a cette qualité.

J'ai vu d'habiles gens, partagés sur le fer de *Suede* & d'*Allemagne*, les uns en faisant beaucoup de cas, & les autres ne l'estimant guere; au reste, il est fort bon, quand il est corroyé avec d'autre fer pour des outils tranchans.

J'ai dit que le fer de *Berry* étoit de très bonne qualité; mais il est à propos d'observer qu'il s'en trouve de deux especes, l'un & l'autre se debitent en barre, toute la difference est, que l'un est de fer battu, & l'autre se tire comme le Vitrier tire le plomb, & par là on le fait aussi mince & aussi large que l'on veut; mais ce qu'il y a de particulier, c'est que celui qui est ainsi tiré est d'une qualité incomparablement meilleure que l'autre qui est battu, étant plus nerveux: l'on n'y voit presque point de grain, & on a de la peine à le casser à froid; aparamment que le rouleau contribué beaucoup à lui donner cette qualité.

Comme il se rencontre du fer bon & mauvais, quoi qu'il vienne de la même Forge, & quelquefois de la même Gueuse, il faut pour en être plus sur, en prendre une barre: si l'on voit qu'il y ait
de

de petites veines noires, qui s'étendent au long, & qu'on n'y aperçoive point de gersures, ou de coupures qui aillent en travers, & que cette barre soit pliante sous le marteau, c'est une marque que le fer est bon; au lieu que s'il y avoit des gersures, & que la barre fût roide, c'est une preuve évidente que le fer est *Rouverain*, c'est-à-dire cassant à chaud, & qu'il est difficile à forger.

On connoîtra encore si le fer est doux, à la couleur qu'il aura en dedans après l'avoir cassé, car s'il est noir, c'est signe qu'il est bon, & malleable à froid & à la lime; mais aussi il est sujet à être cendreuse, c'est-à-dire qu'il ne devient pas plus clair après qu'il est poli, principalement s'il s'y rencontre des taches grises comme de la cendre, car c'est ce qui le rend difficile à polir, & à mettre en bon lustre, ce qui n'arrive pas à toutes les barres, mais à la plupart; aussi cette sorte de fer est moins sujette à se rouiller, parce qu'il tient un peu de la nature du Plomb.

Il y a d'autres barres dont le fer, à la casse, paroît gris, noir, & tirant sur le blanc; il est beaucoup plus dur & plus roide que le précédent lors qu'on le plie: il est très propre à être employé aux gros ouvrages dans les bâtimens; mais, pour la lime, il est mal aisé, à cause qu'il s'y rencontre des grains qu'on ne peut emporter facilement.

Celui qui, étant cassé, a le grain mêlé de blanc, de gris, ou de noir, est souvent le meilleur, soit pour la forge ou la lime, & pour se bien polir.

Il y a d'autres barres, qui ont le grain petit comme de l'acier, & dont le fer est pliant à froid, il est mal aisé à limer, & greffille lors qu'il commence à être chaud; de sorte qu'il est difficile à employer, à la forge & à la lime, attendu qu'il ne se soude pas facilement, & qu'à la lime il a des grains; il est bon pour ceux qui font de gros ouvrages.

Il y en a encore d'autres, dont le grain est gros & clair à la casse, comme de l'étain de glace: ce fer est de mauvaise qualité, car il est cassant à froid & tendre au feu, ne pouvant souffrir une grande chaleur sans se brûler, parce qu'il est fort poreux, aisé à se rouiller & à se manger.

Le fer, qu'on appelle *Rouverain*, se connoît; comme je viens de dire, lors qu'il y a des gersures ou des coupures, qui vont au travers des barres; il est d'ordinaire pliant & malleable à froid: si en le forgeant il sent le soufre, & qu'en le frappant il en sorte de petites étincelles, c'est une marque qu'il est cassant à chaud; aussi lors qu'il vient en sa mauvaise couleur, qui est d'ordinaire un peu plus

34 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

blanché que couleur de cerise, il casse quelquefois tout au travers de la piece; si on le frappe, & qu'on le ploye, il deviendra tout pailleux.

Les ouvriers, & ceux qui ont accoutumé de faire travailler, connoissent bien la qualité du fer en le forgeant, car s'il est doux sous le marteau, il sera cassant à froid, au lieu que s'il est ferme, c'est signe qu'il sera ployant à froid.

Comme il se rencontre des occasions, où il est nécessaire de savoir les différentes especes de fer que l'on tire des Forges, voici les dimensions de celui qui se débite le plus communement chez les Marchands: il ne s'en rencontre guere d'autres, à moins qu'il ne soit de commande.

Le fer *plat* a 9 à dix pieds de long, & quelquefois plus, sur 2 pouces & demi de large, & 4 lignes ou environ d'épaisseur: il s'en trouve même de 12 & 13 pieds de long, sur 3 pouces & demi & 4 pouces de large.

Le fer, qu'on nomme *quarré*, est en barre de diverse longueur, & à depuis un jusqu'à 2 pouces ou environ en quarré.

Le *quarré batard* a 9 pieds de long, & 16 à 18 lignes en quarré.

Le fer *Cornette* a 8 ou 9 pieds de long, 3 pouces de large, & 4 à 5 lignes d'épaisseur.

Le fer *Rond* a 6 à 7 pieds de long, sur 6 lignes de diamètre.

Le fer de *Carillon* est un petit fer qui n'a que 8 à 9 lignes de grosseur.

Celui de *Courçon* est par gros morceaux de 2, 3 & 4 pieds de long.

La *Taule* est en feuilles, & de plusieurs largeurs & hauteurs.

Il y a outre cela le petit fer en *botte*, qui sert pour faire les vergettes des vitres & autres ouvrages.

Je ne dis rien du fer coulé, ou qu'il faut forger exprès pour des machines, parce que les applications qu'on en feroit ici feroient hors de propos.



CHAPITRE CINQUIEME.

Des Portes que l'on fait aux Villes de Guerre.

AVANT qu'on ne fortifiât les Places comme on le fait depuis un siècle, on avoit recours à mille inventions pour garantir les Portes des surprises: on pratiquoit à droit & à gauche du passage des especes de Corridors ou Places d'Armes garnis de Creneaux qui servoient à passer par les armes ceux qui après avoir enfoncé la premiere Porte avec le Petard ou le Canon se trouvoient arrêtés par la herse ou autre barriere; & afin d'enfiler & voir de revers, on faisoit quelquefois le passage de biais, ce qui le rendoit si obscur à cause que l'entrée & la sortie n'étoient point directement opposées, qu'il ressembloit à un coupe-gorge. Aujourd'hui que la force des Places consiste dans les Ouvrages détachés, on fait les Portes beaucoup plus simples. On se contente de les couvrir par une demi-Lune lorsqu'elles sont construites dans le milieu des courtines & d'en défendre l'entrée par les flancs des Bastions voisins; & pour en juger d'un coup d'œil, il suffira de considérer les Planches 13. & 14, qui comprennent les Plans, Profils, & Elevations d'une Porte avec toutes les dimensions de ses parties, que l'on a cottées exprès pour n'avoir pas recours à l'échelle: ainsi, sans entrer dans un grand détail, je dirai seulement, que les ouvertures des Portes entre les piés-droits doivent avoir 9 à 10 piés sur 13 à 14 de hauteur; que le passage est accompagné de Pilastres de distance en distance, pour porter les arcs-doubleaux de la Voûte; que ces Pilastres ont 2 piés & demi de largeur sur 4 ou 5 poudes de saillie; qu'on pratique entre deux des niches ménagées dans l'épaisseur des piés-droits, qui servent à retirer les gens de pied, quand le passage est embarrassé par quelque Voiture. A l'égard de l'épaisseur des piés-droits, je croi qu'il est inutile d'en parler, puisqu'il est bien prévenu de ce qui a été enseigné sur la poussée des Terres & celle des Voûtes, l'on pourra sans difficulté trouver l'épaisseur qu'il faut leur donner, selon la grandeur & la figure de la Voûte; & ayant dit aussi, dans le troisième Livre, les précautions qu'il falloit prendre pour garantir les Voûtes des injures du tems, on ne doit point ignorer non plus ce qu'il faudra faire si une partie du passage n'étoit point couverte par un Bâtiment qui regnât d'un bout à l'autre, comme

PLANCH.
13 & 14.

cela se rencontre ordinairement, ainsi qu'on le peut voir dans le Profil de la Porte dont nous parlons, où l'on remarquera que le passage du Rempart au-dessus de la Voûte n'est pas entièrement couvert, n'y ayant que deux petits bâtimens, dont l'un fait face à la Campagne, & l'autre à la Ville: le premier sert pour loger l'orgue, qui est une Porte à coulisse qui se lève & se baisse perpendiculairement par le moyen d'un tour qu'on lâche de façon que l'orgue peut tomber tout d'un coup; cette Porte sert à couper le passage aux Ennemis en cas de quelque surprise en tems de Siège, si le Pont-Levis venoit à être rompu par le Canon: l'autre bâtiment, qui est du côté de la Ville, est destiné à loger un Capitaine des Portes ou un Ayde-Major de la Place.

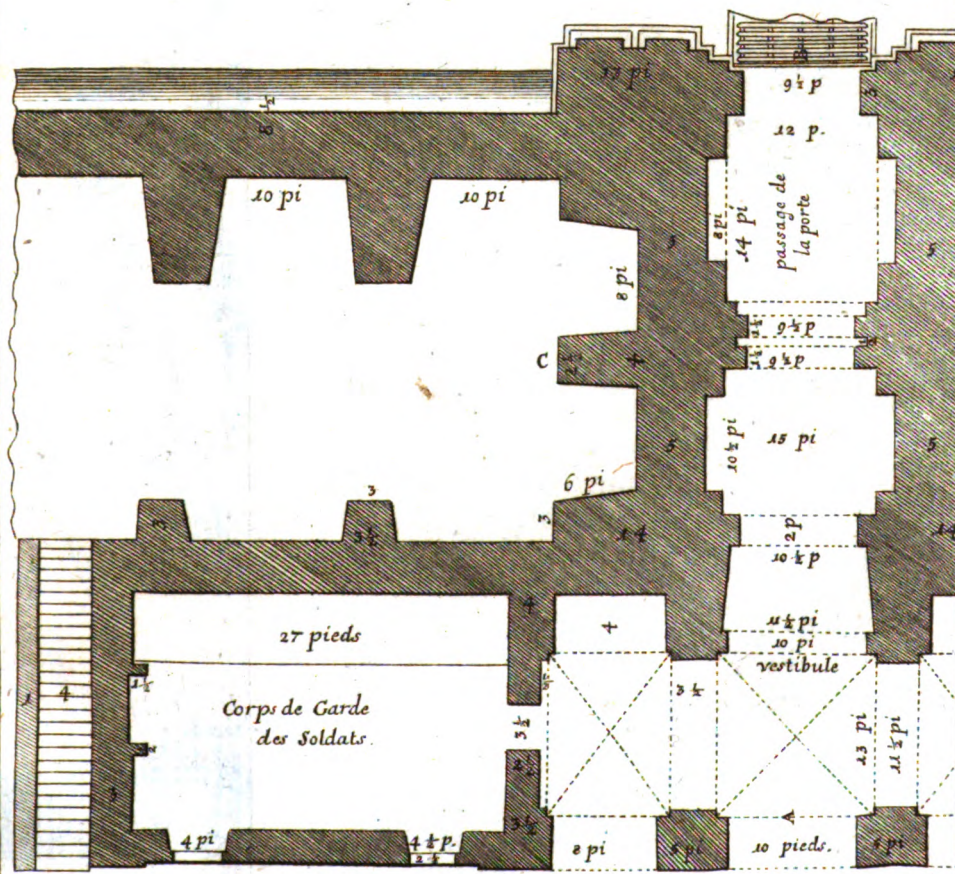
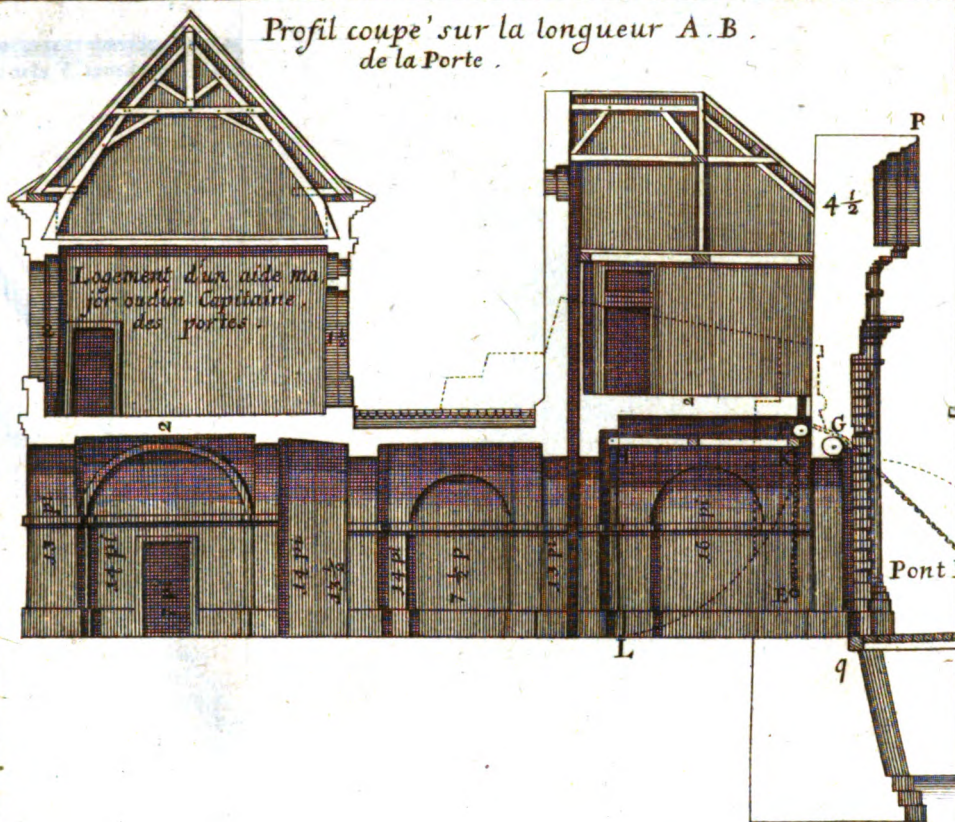
Pour veiller à la sûreté des Portes, l'on fait deux Corps de Garde, l'un pour l'Officier, & l'autre pour les Soldats, & on pratique entre deux un vestibule au-dessus duquel est le bâtiment dont nous venons de parler, & à côté de ces corps de Gardes l'on fait deux Escaliers de Pierre de Taille pour monter au Rempart.

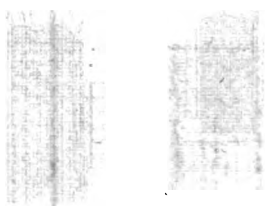
Le Corps de Garde de l'Officier ne devant pas être à beaucoup près si grand que celui des Soldats, on construit à côté une Prison; & alors la façade des deux Corps de Garde se trouve de même grandeur; ce qui offre avec celle du bâtiment supérieur une décoration assez belle, comme on le peut voir sur la Planche 13. & même sur la 15. qui comprend encore une autre Porte de Ville à peu-près semblable à la précédente. J'ai rapporté ces deux Portes exprès, afin de donner quelque exemple de la manière dont il faut détailler les desseins que représentent les Plans, Profils, & Elevations des projets ou des réparations des Edifices dont les Ingenieurs sont chargés; puisque c'est en copiant de semblables morceaux, que les jeunes gens peuvent se mettre dans l'habitude d'en faire d'autres. Pour avoir une plus grande intelligence de la Construction de la première Porte, il faut lire l'Article qui répond à la 30^e page du sixième Livre.

Comme, dans les Places considérables, il y a plusieurs postes depuis la Porte jusqu'à la dernière barrière, on y fait des Corps de Gardes, qui sont à peu-près semblables à celui qui est sur la Planche 15, dont il suffit de considérer le Plan & l'Elevation, pour juger de sa distribution. On remarquera seulement, qu'on a pratiqué un Poêle à la façon d'Allemagne, qui, se trouvant entre le Corps de Garde de l'Officier, & celui des Soldats, peut les échauffer tous deux.

L'on fait des façades d'Architecture en dehors des Portes pour les orner, au sujet desquelles je ne dirai par grand chose présentement, parce que les proportions de leurs ornemens dépendent des règles

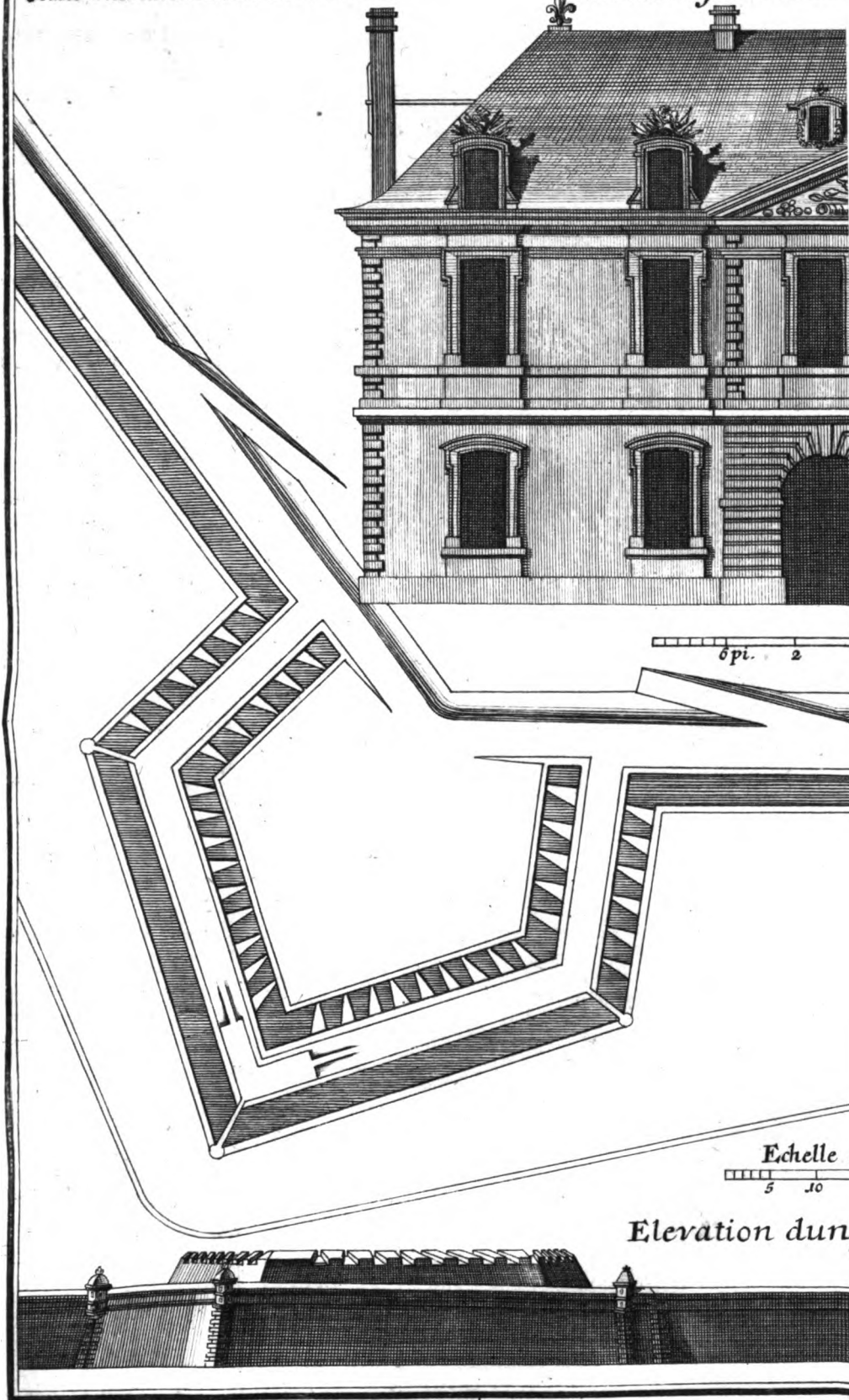
Profil coupe' sur la longueur A. B.
de la Porte.





Comte Thomassin Com.^{re} d'artill.^e del.

Elevation interieure



4
H
9
17
fa

Le
lever
encor
bascul
cipale
chaîn
mou
la Pl
les fl
le C
faire
un
on
on

leur
me Vo

régles que l'on trouvera dans le cinquième Livre: celle qui est sur la Planche 13. me plairoit assés; elle a quelque chose de grand, quoique simple & rustique, & n'est que d'une dépense médiocre. Celle de la Planche 15. n'est pas si belle, aussi la suppose-t-on faite pour un endroit où on ne jugeroit pas à propos de donner dans le magnifique. On en peut voir encore quatre autres beaucoup plus élégantes sur les Planches 16 & 17., que je donne à dessein de montrer que la belle décoration n'est pas incompatible avec les Fortifications; elles ont eû l'approbation des plus habiles Architectes: on les trouvera peut-être trop riches, pour être employées à des Villes de Guerre; mais, je pourrois dire que la dépense n'a jamais effrayé nos Roys, puisqu'à Lille, & à Maubeuge, & à plusieurs autres Places, on y voit des Portes qui sont au moins aussi magnifiques que celles-ci.

PLANCHE
16 & 17.

Les Portes se ferment ordinairement par un Pont qu'on peut lever & baisser de plusieurs manieres: la plus ancienne, & qui est encore en usage en bien des endroits, est celle qui se fait avec une bascule qui est composée de plusieurs pièces de Charpente, & principalement de deux flèches, aux extrémités desquelles il y a des chaînes qui sont attachées au tablier du Pont pour lui donner le mouvement, comme on le peut voir dans la deuxième Figure de la Planche 18. On n'en fait plus ainsi aux Places neuves, parce que les flèches font voir de loin quand le Pont est levé ou baissé, & que le Canon de l'ennemi peut facilement les rompre, par conséquent faire baisser le Pont sans que ceux de la Place puissent l'empêcher: un autre défaut, c'est qu'on est obligé de couper les plus beaux ornemens du frontispice de la Porte pour loger les flèches, comme on le peut remarquer à la façade dont nous parlons.

PLANCHE
18.
FIG. 2.

L'on s'est servi dans quelqu'endroit d'une autre sorte de Pont-Levis, dont les flèches ne paroissent point en dehors de la Place: tel est celui qui est représenté dans le premier Profil, qui montre que la flèche *BD*, tourne sur ses tourillons à l'endroit *C*, de maniere que la chaîne *AB*, étant d'un côté bien arrêtée au tablier *A* du Pont, & de l'autre à l'extrémité *B* de la flèche, on tire la chaîne *DE* pour baisser la bascule, tandis que l'extrémité *B* décrit l'arc *BG*, l'extrémité *A* du Pont décrit l'arc *AF*; ce Pont auroit son mérite, si, pour loger les flèches, il ne falloit un trop grand espace qui rétrairoit beaucoup le passage du Rempart au-dessus de la Porte, ce qui peut gêner le charroy du Canon & les autres services du Rempart: d'ailleurs, on ne peut voûter le dessus de la Porte, à moins qu'on ne fasse une Voûte extrêmement élevée, qui ne conviendrait point, parce

E. 3

que

que le bâtiment de dessus seroit trop en vûe aussi-bien que la façade. Cependant, c'est une nécessité que le passage des Portes soit couvert à l'épreuve de la bombe, pour prévenir les accidens qui pourroient arriver en tems de Siège, puisqu'il n'en faudroit qu'une pour y causer un grand desordre.

PLANCH.
13.

Le Profil, qui est sur la Planche 13, représente une fermeture de Portes meilleure que la précédente; à l'extrémité *I* du tablier est une chaîne *IG* de chaque côté, qui étant attachée par l'un de ses bouts, l'autre va passer sur deux poulies *G* & *F*, & est arrêtée ensuite à l'endroit *K* de la Porte *HK*, qui est suspendue en l'air quand le Pont est baissé, & se ferme quand le Pont est levé en tournant sur des tourrillons *H*: car tandis que le Pont en se levant décrit l'arc *IG*, la Porte décrit l'arc *KL*, ce qui se fait en tirant la chaîne *KE* vers *L*; & pour juger encore mieux comme se ferme cette Porte, il n'y a qu'à jeter les yeux sur le Profil qui est coupé sur la largeur *CD*, on y verra les poulies *Mm*, & la disposition de leur crapaudines: j'ajouterai, qu'on pratique un Guichet dans la Porte, afin que lorsqu'elle est baissée on puisse aller fermer les verroux de la bascule.

Comme il y a long-tems qu'on s'est aperçu que les Ponts-Levis à flèches étoient sujets à plusieurs inconveniens, on les a fait à bascule comme on le voit dans le Profil qui est sur la Planche 15; ce Pont est composé de plusieurs poutrelles, comme *IF*, qui ont environ 28 pieds de longueur. Une partie de ces poutrelles, étant recouverte de madriers, composent par leur assemblage le tablier *HF*, & le reste comme *HI*, (qui est ce que l'on nomme *bascule*) sert de contre-poids pour donner le mouvement au Pont par le moyen des tourrillons qui sont à l'extrémité d'une bare de fer, qui, étant entretenuë avec les poutrelles, traverse toute la largeur de la Porte à l'endroit du sole: cette bascule est logée dans une cave que l'on nomme aussi *Cave de la bascule*, qui est couverte par un Pont dormant composé de poutrelles & de madriers. Quand on met le Pont-Levis en mouvement, la bascule décrit l'arc *IK*, tandis que le tablier décrit l'autre *FG* pour descendre dans la cave; on fait un escalier pratiqué dans l'un des piés-droits, comme il est figuré au Plan de la Porte qui répond au Profil dont nous parlons.

On ne fait plus présentement de ces sortes de Ponts, parce qu'à le bien prendre ils sont encore plus défectueux que les autres à flèches; car la cage est d'une grande dépense, & affoiblit beaucoup le mur de face: ils sont sujets à des réparations continuelles, & difficiles à manœuvrer. Un autre inconvenient, c'est que la cage qu'il faut

faut faire pour loger la bascule ne peut avoir lieu qu'aux Places dont les Fossés sont à sec, car s'ils étoient inondés, il faudroit que le rez-de-Chaussée de la Porte fut au moins de 15 pieds au-dessus du niveau des plus hautes eaux; autrement, elle pénétreroit dans la cave, en dégraderoit la maçonnerie, & causeroit une grande difficulté de hausser & baisser le Pont, sur-tout en hyver, où venant à se gêler, la bascule pourroit se trouver prise.

On presenta en 1708. à *M. le Pelletier de Soufy*, pour lors Directeur General des Fortifications de France, un modele de Pont-Levis fort ingenieux, qui a été executé à *Givet* en 1716.

Si l'on jette les yeux sur le troisiéme Dessenin de la Planche 18, l'on verra que le tablier *B*, se lève par le moyen de deux flèches qui ont 12 ou 13 pieds de longueur, sur 10 à 11 pouces de grosseur au milieu, revenant à 8 & 9 par les bouts; elles sont traversées par le milieu d'un axe de fer d'environ deux pouces quarrés, & de 16 à 18 pouces de longueur: les deux bouts qui excèdent la flèche sont arrondis sur 3 à 4. pouces de longueur & tournent sur deux crapaudines, dont l'une est posée au milieu du tableau de la Porte au point *G*, & l'autre faite en *S*, passe au-devant de la flèche comme le marque le Profil au même point *G*, laquelle est attachée par un Goujon de fer à chacune de ses extrémités & scellée en plomb dans la partie du tableau la plus avancée; ces Goujons sont faits en vis par leur extrémité pour recevoir un écrouë semblable à ceux que l'on met aux effieux des Carrosses, afin de pouvoir démonter les flèches lorsqu'il faut les renouveler.

Les deux fleches sont liées au tablier du pont *B*, & à la bascule *H*, par deux barreaux de fer arrondis, ou à pans, qui ont leur mouvement à chaque extrémité dans des œuilletts, ou par des doubles charnières, de sorte que tirant la chaîne *I*, à mesure que la bascule descend & tourne sur les tourillons *K*, le pont monte jusqu'à ce que tout ait pris une situation verticale. Quoique ce mouvement soit plus composé que celui des bascules ordinaires, il n'a pas laissé de fort bien réussir à *Givet* & à *Toul*, où on l'a mis en œuvre: mais ce pont, que l'on nomme *Zicxague*, n'est pas d'une invention nouvelle, comme on l'a voulu insinuer à Mr. Pelletier; il s'en trouve de semblables en plusieurs Villes d'Allemagne, qui y on été construits depuis long-tems, entr'autres à *Hambourg* & à *Lubeck*.

Nouvelle maniere de Pont-Levis.

Après avoir examiné les différentes sortes de Ponts qu'on a

PLANCH.
18.
Fig. 3.

PLANCH.
20.

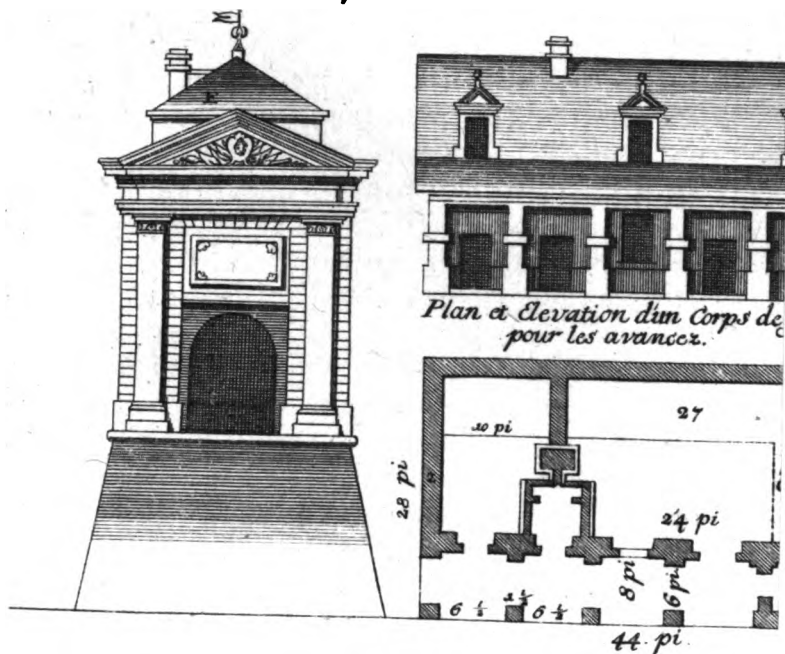
imaginé pour fermer les Portes des Villes, j'ai cherché si je ne trouvois pas quelque moyen plus simple que ceux que je viens de rapporter : car, à mon sens, ce n'est point assés de faire la description des choses qui sont en usage ; ceux qui se mêlent d'écrire sont dans une espece d'obligation de travailler à les perfectionner : autrement, les arts ne font point de progrès ; les livres se multiplient, sans que ceux qui les lisent en deviennent plus éclairés. Pour entendre parfaitement le Pont que j'ai imaginé, il est à propos que j'expose le raisonnement que je me suis fait à moi-même : le voici.

Voyez la
Figure qui
est au bas
de la Plan-
che 20.

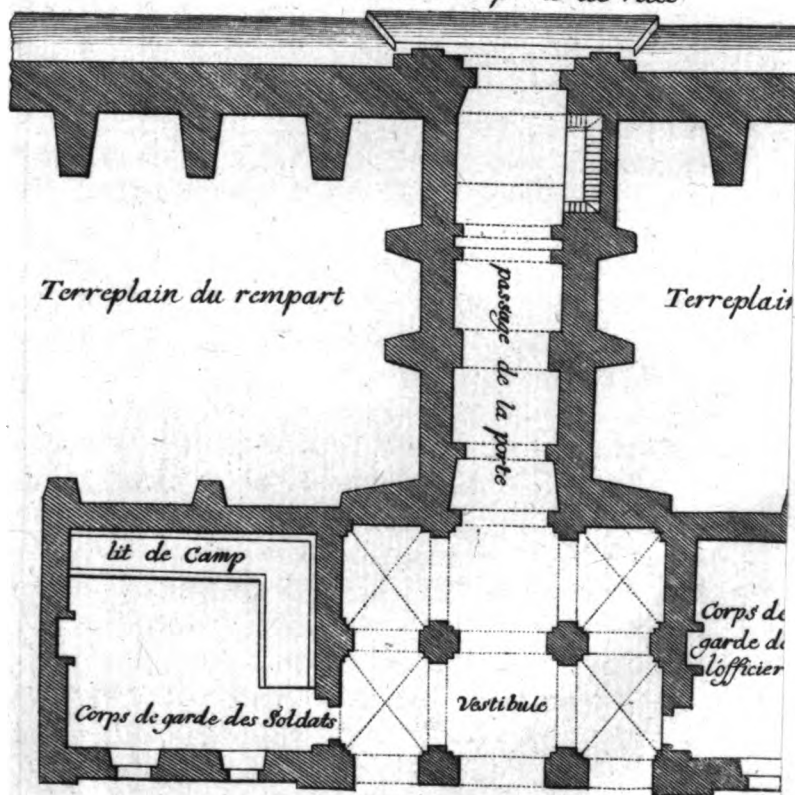
L'on suppose que AB est un levier sans pesanteur, dans le milieu duquel on a suspendu un poids D , qu'on regardera comme réuni au point C ; qu'une des extrémités B peut tourner au tour d'un point fixe ; qu'à l'autre extrémité A , l'on a attaché une corde, qui va passer sur deux poulies E & F , pour soutenir un poids G , qui est en équilibre avec celui du levier ; enfin, que la verticale BE , est égale à la longueur BA .

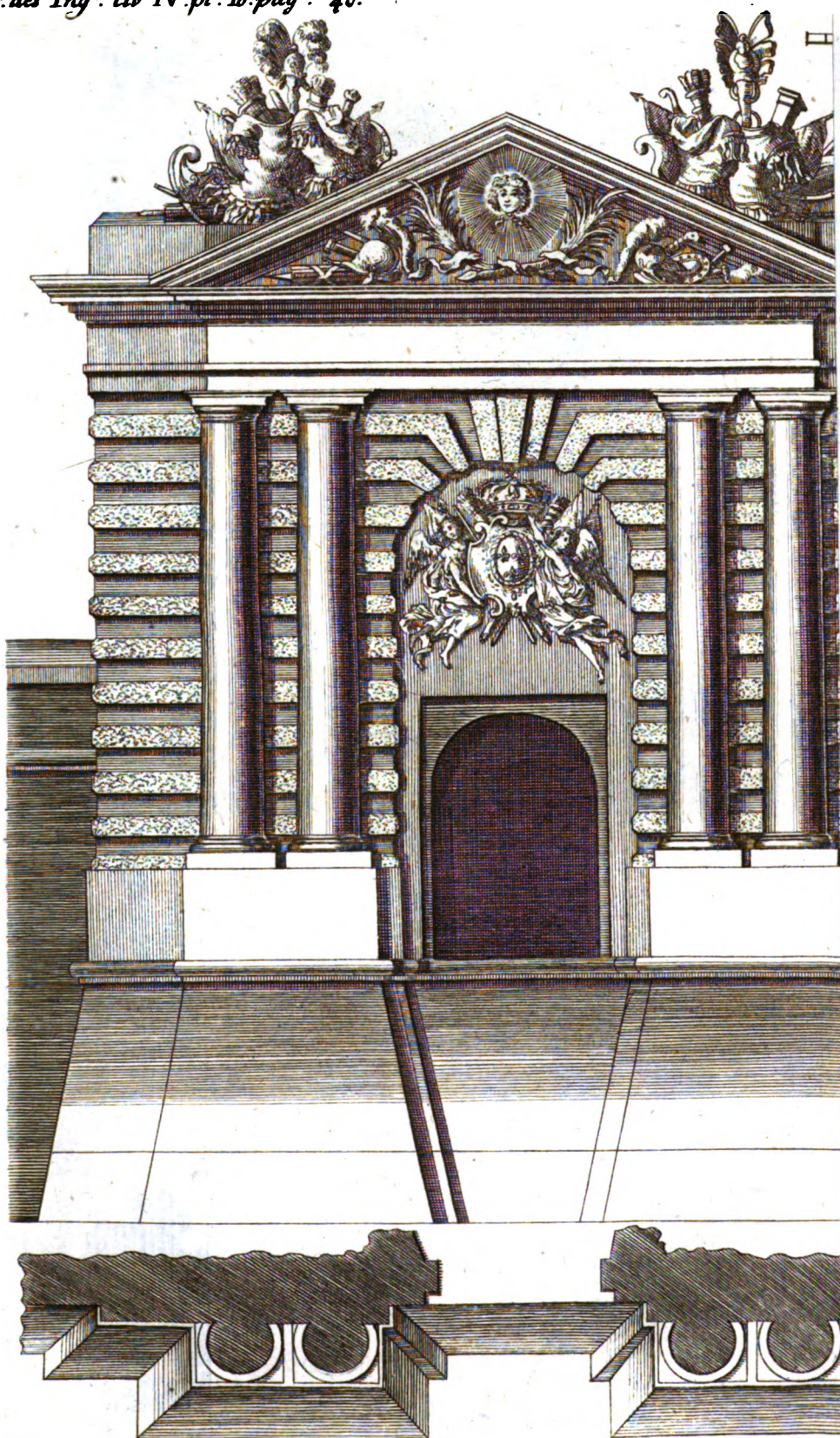
Pour que le poids G soit en équilibre avec celui qui répond au point C , il faut, selon les principes de la mécanique, que la pesanteur de l'un soit à celle de l'autre dans la raison réciproque des perpendiculaires, tirées du point d'appui B , sur les lignes de direction AE & CD , ainsi le poids G doit être au poids C , comme BC est à BI , c'est-à-dire, comme le côté d'un quarré est à sa diagonale, par conséquent l'on pourra, quand'on le jugera à propos, à la place des poids G & C , prendre les lignes BC & BI , puis qu'elles sont dans le même rapport. Or si l'on donnoit au levier AB une situation oblique KB , il est constant que l'équilibre seroit rompu, puisque le poids D , n'agissant plus selon une direction perpendiculaire au levier KB , ne fera pas tant d'effort qu'auparavant, pour contrebalancer l'action du poids G , c'est pourquoi ce dernier descendra le long de la verticale FH avec précipitation, tant que le point K soit parvenu en E , ce qui ne peut arriver autrement, à moins que le poids G en descendant ne rencontre des obstacles qui diminuent l'action de sa pesanteur absolue : si ces obstacles étoient causés par des plans inclinés, dont les différentes inclinaisons fussent proportionnées aux sinus des angles, comme MLB qui deviennent toujours plus petits, à mesure que le levier approche de la verticale, il est certain que ces plans inclinés causeront l'équilibre du poids D avec le poids G , dans quelque situation que soit le levier ; mais, pour que cela arrive, il faut que les plans changent à tout moment, & que chacun en particulier comprenne un espace infiniment petit, d'où il s'ensuit qu'ils formeront

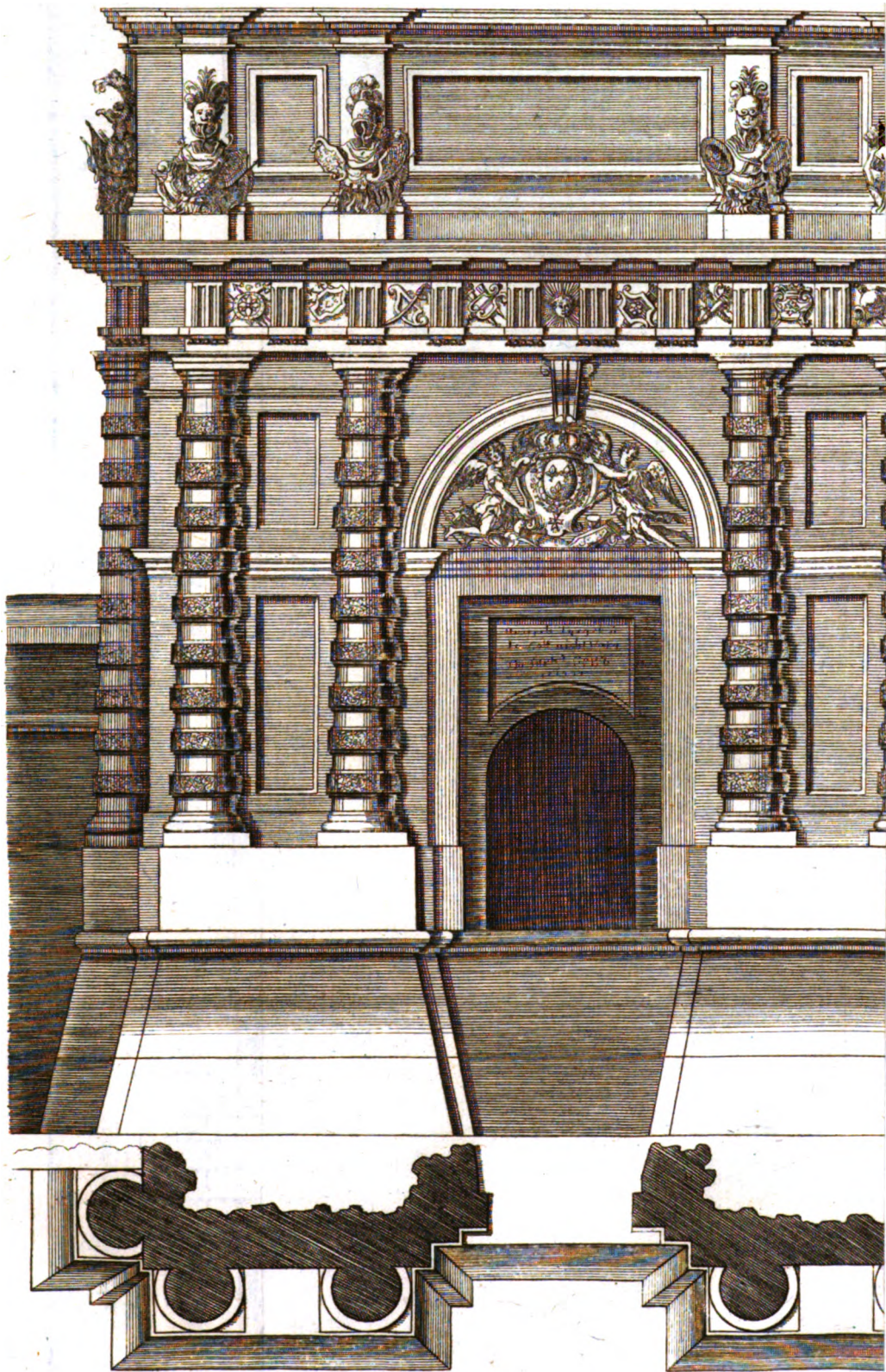
Façade extérieure de la même porte.



Plan d'une porte de Ville







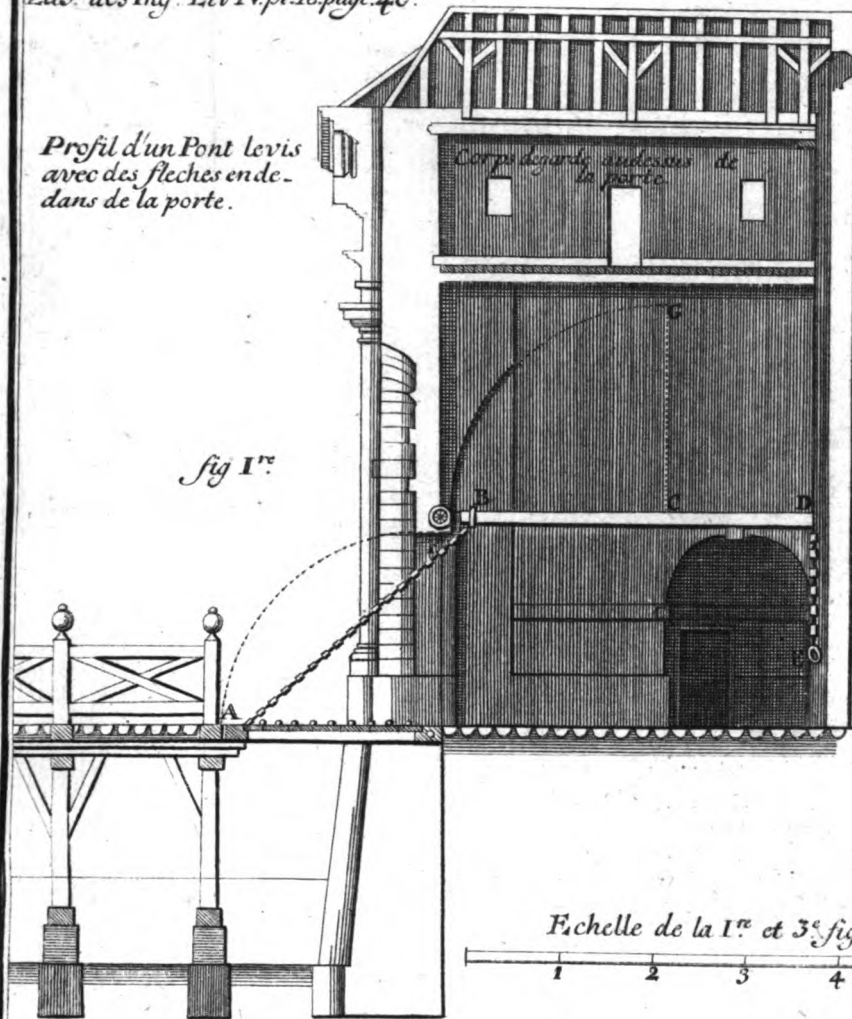
Echelle de la premiere porte

6 pi



*Profil d'un Pont levis
avec des fleches en de-
dans de la porte.*

fig 1^{re}



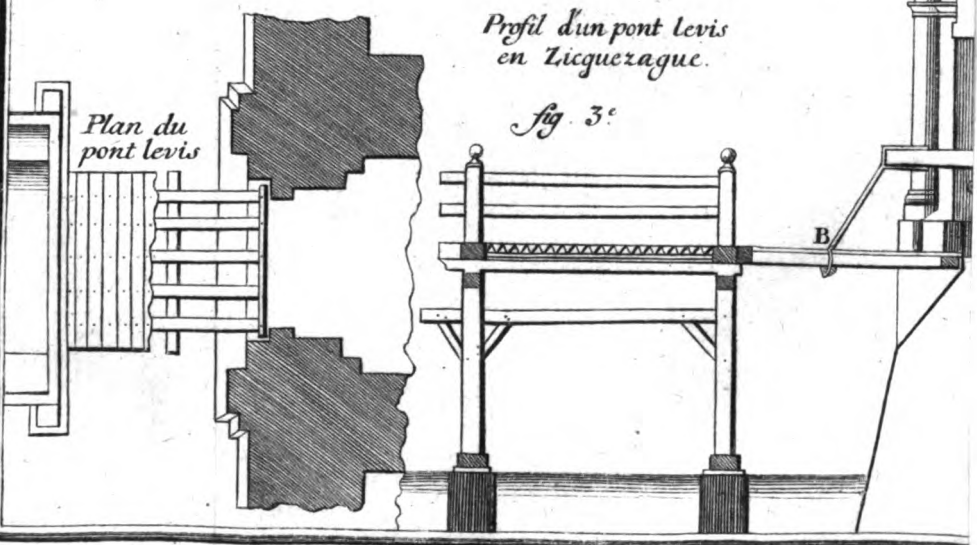
Fichelle de la 1^{re} et 3^e fig.

1 2 3 4 5. to

*Plan du
pont levis*

*Profil d'un pont levis
en Zicqueraque.*

fig. 3^e



ront tous ensemble une courbe $TSVX$, ainsi la question se réduit à favoir, comme il faut construire cette courbe, pour que les deux poids soient toujours en équilibre, dans toutes les situations où se peut trouver le levier, en venant de A en E .

Remarquez que quand l'extrémité A du levier BA , décrira le quart de cercle ANE en venant joindre le point E , l'extrémité C de la ligne BC , décrira le quart de cercle CQ ; or quand le point A sera parvenu en K & en N , le poids C sera parvenu en L & en O , & monté d'une hauteur exprimée par les perpendiculaires LM & OP , qui sont les sinus des angles formés par le levier & le rayon AB ; on peut donc dire que tous les sinus du quart de cercle CQ , en commençant depuis le plus petit, exprimeront de suite le chemin que le poids C fera dans le tems que l'extrémité A du levier parcourra les points du quart de cercle ANE ; mais il suffit pour que les deux poids L & G soient en équilibre, dans la situation où est le levier KB , que l'élevation ML , du premier, soit à la descente verticale TR du second, en raison reciproque de la pesanteur absolüe de ces deux poids *: & comme la même chose doit arriver dans toutes les autres situations du levier & du poids G , puisque leur mouvement dépend toujours l'un de l'autre, quand le poids C sera en O , & le poids G en V , l'on aura encore que le poids G est au poids O , comme l'élevation OP est à la descente verticale TT ; & si à la place des poids C & G , on prend les lignes BI & BC , qui sont en même raison, on pourra connoître le rapport de tous les sinus, comme LM & OP , avec les verticales TR & TT : d'un autre côté il sera aisé de déterminer les perpendiculaires RS & TV , pour avoir les points S & V de la courbe; puisque la distance du centre de la poulie F à chaque point S & V , sera toujours égale à la difference de la longueur, de la corde comprise depuis A jusqu'en G , aux parties KEF & NEF , qui diminuent toujours à mesure que le levier approche de la verticale; ainsi nous avons tout ce qu'il faut pour construire la courbe qui sera geometrique, puisque nous n'employons dans sa construction que des grandeurs, dont la relation est connue: & comme ce sont les sinus qui designent le rapport de ces grandeurs, il m'a paru que pour donner un nom à la courbe, qui fût tiré de sa génération même, il étoit naturel de l'appeller la *Sinusoïde*.

Voyez le
Cours de
Mathe-
matiq.art.
799. &
300.

Construction de la Sinusoïde.

Il faut d'abord diviser le quart de cercle CQ , en un grand nombre

Livre IV.

F

bre

bre de parties égales, par chaque point de division comme L & O , abaisser les perpendiculaires $LM, OP, \&c.$ sur le demi diamètre CB , tirer les rayons $BK, BN, \&c.$ aussi bien que les lignes $KE, NE, \&c.$ ensuite chercher aux lignes BC, BI , & au sinus LM , (que nous regarderons comme le plus petit de tous), une quatrième proportionnelle que l'on portera sur la verticale FH , en commençant du point T , qui répond immédiatement au-dessous du poids G , & suposant que TR soit égale à la quatrième proportionnelle qu'on vient de trouver, on élèvera au point R la perpendiculaire RS indéfinie; on cherchera de même aux lignes BC, BI , & au sinus OP , (que nous suposons suivre immédiatement le plus petit LM ,) une quatrième proportionnelle qu'on portera depuis T jusqu'en T , & on élèvera encore la perpendiculaire TV .

Le triangle CBI étant rectangle & izocelle, il sera bien aisé de trouver toutes les quatrième proportionnelles dont nous avons besoin; car si l'on prend chaque sinus comme LM ou OP , pour le côté d'un quarré, la diagonale de ce quarré sera quatrième proportionnelle aux lignes BC, BI , & au sinus qu'on aura pris pour côté du quarré, ce qui est bien évident à cause des triangles semblables.

Après qu'on aura toutes les perpendiculaires, comme $R, S, T, V, \&c.$ on tirera une ligne de , égale à la longueur de la corde $AEFG$, l'on prendra dans cette ligne (en commençant de l'extrémité d ,) la partie df , égale à la distance du centre de la poulie F au poids G , c'est-à-dire, égale à cette partie de la corde qui est parallèle à la verticale FH , quand le levier AB est horizontal; on prendra la différence de la ligne KE , qui répond au rayon de la première division à la ligne AE , & on portera cette différence depuis f jusqu'en b , alors on prendra la longueur db avec un compas, pour décrire un arc qui aura pour centre celui de la poulie F , & cet arc venant couper la perpendiculaire RS , donnera le point S qui est un de ceux de la courbe, par le moyen duquel on aura l'ordonnée Sa & son abscisse Ta ; de même prenant la différence des lignes NE & AE , pour la porter de f en j , si l'on ouvre le compas de l'intervalle dj , & que du centre F de la poulie, on décrive un arc qui vienne couper la perpendiculaire TV , on aura un autre point V de la courbe, qui donnera l'ordonnée Vb & l'abscisse BIT ; enfin le point N étant parvenu en E , toute la ligne AE pourra être prise pour sa différence avec zero, & le portant depuis F jusqu'en K , ouvrant le compas de l'intervalle dK , on décrira du centre ordinaire, un arc qui venant rencontrer la dernière perpendiculaire bX , donnera le point X qui sera celui de la courbe, où va se terminer

miner le poids G , quand le levier AB est vertical.

Je croi qu'il n'est pas besoin de dire, que, pour tracer la courbe avec beaucoup de justesse, il faut prendre les sinus bien près les uns des autres, afin d'avoir un grand nombre de points comme S, V , &c. Il est à propos de remarquer, que la plus grande ordonnée ZX , ou TH , de la courbe, est égale à la perpendiculaire BI , c'est-à-dire au côté du quarré, dont la diagonale seroit de même longueur que le levier AB , car comme la ligne TH sera la plus grande de toutes les quatrièmes proportionnelles, qu'on aura été obligé de chercher pour tracer la courbe, on ne l'aura trouvée que lors que le levier AB sera vertical, & alors comme il formera un angle droit avec l'horizontale, le sinus de cet angle sera égal au rayon BQ , par conséquent l'on aura $BC, BI :: BQ, TH$; mais comme dans cette proportion les deux antécédens BC & BQ sont égaux, étant rayon d'un même cercle, les deux conséquent BI & TH le seront donc aussi.

Par cette Remarque on pourra toujours (connoissant la longueur du levier AB ,) savoir à quel point de la verticale FH ira se terminer la base HX de la Sinusoïde, quand on aura déterminé la position du point T , où cette courbe doit prendre son origine.

L'on remarquera encore que tout ce qu'on vient de dire peut s'appliquer aux Ponts-Levis; car le levier AB peut être pris pour le profil du tablier qui tourne autour de ses tourillons B , & dont la pesanteur est réunie au centre de gravité C , ainsi il ne s'agit plus que d'exécuter tout ce qui doit en faciliter le mouvement, & c'est ce que l'on va voir dans l'Application suivante.

Application de la Sinusoïde aux Pont-Levis qui servent à fermer l'Entrée des Villes.

Ayant déterminé la largeur IK de la porte, qui est comme nous l'avons dit de 9 pieds ou 9 pieds & demi, il faut à droit & à gauche reculer les piés-droits de la Voûte d'environ 4 pieds au-delà des tableaux IG & KG , afin de pratiquer deux niches pour y loger les coulisses BF , le long desquelles doivent rouler les poids qui serviront à donner le mouvement au Pont que nous nommerons par la suite *poids de bascule*. L'élevation d'une des coulisses est représentée au profil de la porte où l'on voit que la courbe STE , n'est autre chose que la *Sinusoïde* exécutée en Maçonnerie. Ce profil montre aussi que le poids de bascule D , est attaché à une chaîne qui passe sur deux poulies B & A , pour aller joindre le chevet C , du Pont.

44 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

Car l'on doit concevoir que derriere les tableaux de la Porte, on a ménagé des fentes dans la maçonnerie pour y placer les poulies, afin que la chaîne, qui doit donner le mouvement au Pont, puisse aller & venir librement; c'est pourquoi l'on suppose que cette chaîne est ronde. On remarquera aussi que le chevet doit être plus long que le Pont n'est large, afin que les chaînes qui sont à ses extrémités se trouvent vis-à-vis des poulies.

Si les poids de bascule sont en équilibre avec le Pont, il est certain que par la propriété de la Sinusoïde à quelque point qu'on voudra du quart de cercle CR , le Pont restera toujours immobile en allant de C en R , sans que les poids l'entraînent, puisqu'ils demeureront eux-mêmes en repos aux endroits des coulisses où ils se trouveront, par conséquent il suffira que l'on aide tant soit peu les poids à vaincre le frottement pour que le Pont se lève, sans être obligé d'employer une force considérable pour lui faire décrire le quart de cercle CR , ce qui se fera d'un mouvement uniforme sans ébranlement ni secousse, de même quand on voudra le baisser, on n'aura qu'à pousser le tablier pour le faire descendre, ensuite passer dessus pour l'aller arrêter sur le dernier chevalet du Pont dormant avec les verroux.

Comme mon dessein n'est pas que l'on touche aux poids de bascule, par la difficulté qu'on auroit d'y atteindre, il n'y a pas de moyen plus simple pour obliger ces poids de descendre, que d'accrocher deux chaînes au Pont environ à 3 pieds en deça du chevet, dont chacune ira passer sur une poulie située au milieu des tableaux de la porte & élevée de 9 pieds au-dessus du rez-de-Chaussée; de sorte que quand on voudra fermer la porte, il suffira qu'il y ait un homme qui tire chaque chaîne pour lever le Pont, dont le mouvement est si naturel, qu'il seroit inutile d'en parler davantage: ainsi je passe à plusieurs détails qu'il est nécessaire d'expliquer, afin de savoir comme on pourra connoître la pesanteur des poids de la bascule, leur grosseur, la grandeur des coulisses, & les autres circonstances essentielles à l'intelligence de ce Pont.

La première chose qu'il faut savoir, c'est qu'un pied cube de bois de chêne pèse 60 liv. & qu'un pied cube de fer en pèse 580; ainsi examinant quelles sont les dimensions des pièces qui doivent composer la charpente du Pont, il sera aisé de connoître combien il y entre de pieds cubes de bois, par conséquent combien cette charpente doit peser. Si l'on fait le chevet plus long qu'à l'ordinaire, afin que les chaînes qui doivent être attachées à ses extrémités se trouvent directement vis-à-vis les poulies, il faudra lui donner 14 pieds
de

de longueur sur 10 à 10 pouces, pour que cette pièce, qui a un grand effort à soutenir quand on met le Pont en mouvement, ne soit point en danger de se rompre par la fuite.

La pièce des tourillons se fait toujours de 10 pieds de longueur sur 10 à 10 pouces de grosseur : il a six soliveaux de 12 pieds de long sur 5 à 6 pouces de grosseur servant à porter le plancher du Pont, qui est composé de madriers de deux pouces d'épaisseur, & qui couvre un espace de 12 pieds de longueur sur 10 de largeur ; & tout cela ensemble compose la charpente du tablier, qui monte à 51 pieds 8 pouces 4 lignes cubes, qui étant multiplié par 60, donne 3102 l. pour la pesanteur de la charpente : surquoi il est à remarquer, que le chevet ayant plus de pesanteur que la pièce des tourillons, les extrémités du Pont ne sont point égales, ainsi on ne peut pas regarder 3102 liv. comme un poids qui puisse être réuni au centre de gravité du Pont, c'est-à-dire dans le milieu de sa longueur. Il faut donc voir à quoi peut aller cette différence qui sera facile à connoître ; car le chevet contient 9 pieds 8 pouces 8 lignes cubes, & la pièce des tourillons ne contient que 6 pieds 11 pouces 8 lignes, par conséquent la différence est de 2 pieds 9 pouces dont la pesanteur monte à 165 liv. or ces 165, étant à l'extrémité du levier, sont deux fois plus d'effet par rapport au point d'appui, que s'ils étoient dans le milieu du même levier, c'est pourquoi il faut augmenter 3102 liv. de 165 liv. & alors la pesanteur de la charpente réunie au centre de gravité sera de 3267 liv.

Pour conserver le plancher des Ponts Levis, on le recouvre de barres de fer de 7 pieds de longueur posées tant plain que vuide, elles ont un peu plus de deux pouces de largeur, & il y en entre ordinairement 32, & comme chacune est attachée avec 4 crampons, au lieu de 7 pieds de longueur, nous leur en supposons 7 & demi, afin d'y comprendre les crampons, ainsi ces 32 barres feront ensemble 240 pieds de long, à quoi il faut encore en ajouter 6 autres de chacune 6 pieds de long qui se mettent au-dessous du tablier pour lier le chevet & la pièce des tourillons avec les poutrelles, ce qui fait en tout 276 pieds ; & le poids d'un pied de ces sortes de barres étant de 3 liv. elles pèseront donc ensemble 828 liv. qui étant ajoutées avec le poids de la charpente, l'on aura 4095 liv. pour la pesanteur totale du Pont réuni au centre de gravité.

Présentement, il sera aisé de connoître la pesanteur des poids de bascule ; car l'on sait que la pesanteur du Pont est à celle des poids de bascule dans l'état d'équilibre ; comme la diagonale d'un quarré est au côté du même quarré, ou, ce qui revient au même, comme le si-

nus de l'angle droit est à celui de 45 degrés, ainsi on dira si 100000 donnent 70710, que donneront 4095 liv. pésanteur du Pont pour celle des poids, que l'on trouvera de 2895 liv. dont la moitié qui est 1447, fera la pésanteur que doit avoir chaque poids; mais comme pour avoir égard au frottement, il vaut mieux les faire plus pésans que trop légers, à cause qu'on ne peut pas les augmenter, au lieu qu'il n'y a point d'inconvenient de surcharger le Pont s'il se trouvoit au-dessous de l'équilibre, il est à propos, en faveur de toutes ces considérations, d'augmenter chaque poids de 100 liv. c'est-à-dire de les faire de 1547 liv. au lieu de 1447. Je n'ai pas dit que les poids de bascule devoient être cilindriques; car l'on s'imagine bien qu'on ne peut leur donner une figure qui convienne mieux pour rouler facilement le long des coulisses: il s'agit donc de savoir qu'elle sera la valeur de l'axe de ces cilindres, ou celle du diamètre de leur base, qui est la même chose; car je suppose ces deux lignes égales, afin que les poids aient moins de volume.

Sachant qu'un pied cube de fer pèse 580 liv. commençons par chercher quel est la pésanteur du cylindre qui seroit inscrit dans un pied cube: pour cela, il faut remarquer que ces deux solides, ayant la même hauteur, seront en même raison que leur base, par conséquent comme le quarré du diamètre d'un cercle est à la superficie du même cercle, ou si l'on veut comme 14 est à 11; il faut donc dire, comme 14 est à 11, ainsi 580 pésanteur d'un pied cube de fer, est à celle du cylindre inscrit, qu'on trouvera d'environ 456 liv.

Les cilindres semblables étant dans la raison des cubes de leur axe, on pourra dire si un cylindre de 456 liv. dont le diamètre de la base & l'axe sont chacun d'un pied, donne 1728 pouces pour le cube de son axe; combien donnera 1547 liv. pésanteur d'un autre cylindre semblable au précédent pour le cube de son axe, on trouvera 5862 pouces, dont extrayant la racine cube, elle sera de 18 pouces qui est la valeur de l'axe que l'on demande; il n'y a donc pas de difficulté à avoir les poids de bascule dans la juste proportion qui leur convient, puisqu'on n'a qu'à demander aux Forges où l'on coule le fer, deux poids pésants chacun 1547 liv. dès qu'on leur donnera pour base un cercle de 18 pouces de diamètre, & pour axe une ligne égale à ce diamètre.

J'ajouterai que ces poids doivent être percés dans le milieu par un trou d'un pouce en quarré, afin qu'on puisse y passer un essieu qui serve à entretenir la chape qui doit en faciliter le mouvement le long des coulisses. Cette chape est figurée sur la planche où elle accompagne le poids qui est désigné par la Lettre V: si je dis qu'il faut faire cet

cet effieu quarré plutôt que rond, c'est qu'il me semble que pour diminuer le frottement, il vaut mieux que les extrémités de l'effieu étant arrondies tournent avec le poids dans la chape, que si le poids tournoit autour de l'effieu.

Les coulisses seront construites de pierres de taille les plus dures que l'on pourra trouver, leur longueur doit être de 4 pieds & demi ou 5 pieds & leur largeur de 18 pouces sur autant d'épaisseur, les coulisses y seront creusées d'environ 6 ou 7 pouces de profondeur terminées par 2 bordures de 8 pouces d'épaisseur, pour entretenir le poids & les obliger à faire toujours le même chemin.

Dans le fond de chaque coulisse on y mettra deux barres de fer plates qui feront la même courbure que la Sinusoïde; c'est sur ces barres que rouleront les poids afin de diminuer le frottement qui sera bien moins considérable, que si la surface des cylindres touchoit par tout en roulant: d'ailleurs, ces barres serviront encore à empêcher que le frottement n'use la pierre; & pour que les poids ne la touchent en aucun endroit, il est également nécessaire d'appliquer des bandes de fer contre les bords des coulisses, le long desquelles les deux cercles ou bases de chaque cylindre puissent glisser sans jamais s'accrocher, & il suffira qu'entre l'un & l'autre il y ait 2 ou 3 lignes de jeu afin que le poids roule toujours dans le même espace sans qu'il puisse s'écarter d'aucun côté. Supposant donc que les barres qui seront appliquées contre les bordures aient chacune 3 lignes d'épaisseur cela fera 6 lignes pour les deux, lesquelles étant ajoutées avec l'axe du poids de bascule, c'est-à-dire avec 18 pouces, ou si l'on veut avec 18 pouces 4 lignes, en y comprenant 4 lignes qu'il faudra donner pour le jeu des poids, on aura 18 pouces 10 lignes, qui est exactement la largeur que les coulisses doivent avoir: ainsi, de quelque pesanteur que soient les poids, dès qu'on en connoîtra l'axe, on saura au juste (en prenant garde à toutes ces petites circonstances) la largeur dans l'œuvre qu'il faudra donner aux coulisses.

Donnant 18 pouces 10 lignes de largeur aux coulisses, & 8 pouces d'épaisseur à chaque bordure, cela fait environ 3 pieds en tout, qui étant pris sur la longueur de 4 pieds & demi ou 5 pieds que doivent avoir les pierres qui serviront à la construction des coulisses, il restera un bout d'un pied & demi ou deux pieds; qui doit être engagé avec la maçonnerie des piés-droits contre lesquels les coulisses seront adossées, cette précaution étant nécessaire pour rendre l'ouvrage plus solide. Il conviendrait même d'avoir des pierres de deux sortes de longueur, les unes de 5 pieds, les autres de 5 & demi, afin de les engager alternativement de 2 pieds & de 2 pieds & de-

& demi: à l'égard des autres bouts qui paroîtront en dehors, il faut qu'ils soient bien maçonnés les uns contre les autres & cramponnez avec des crampons de fer coulés en plomb, observant de poser des crochets de 2 pieds en 2 pieds dans les joints des pierres au-dessus des bordures de chaque coulisse, en sorte que ces crochets se répondent, afin que quand il y aura quelque réparation à faire aux coulisses, aux poids de bascule, aux chaînes, ou aux poulies, on puisse en posant des planches sur ces crochets, donner la facilité aux ouvriers de monter & de descendre le long des coulisses.

Pour construire les coulisses de manière qu'elles forment une courbure qui soit exactement celle de la Sinusoïde, j'ajouterai qu'il faut tracer cette courbe en grand & en faire 2 épreuves ou patrons avec des planches; dont l'un représente la convexité de la Sinusoïde, & l'autre sa concavité; ce dernier est absolument nécessaire aux ouvriers, pour les conduire dans la coupe des pierres, & pour les aider à les mettre en œuvre dans leur véritable situation.

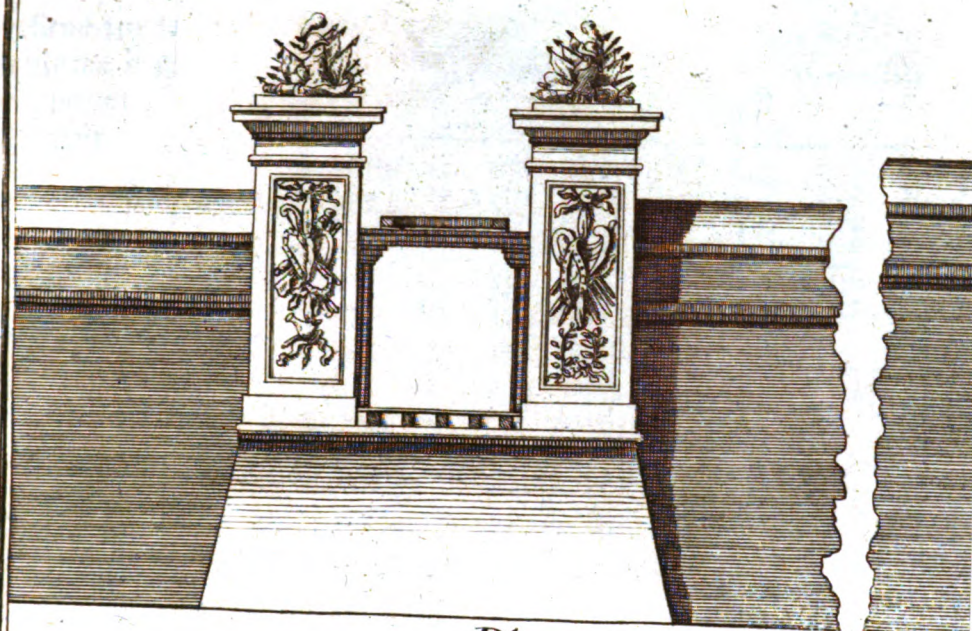
Il est nécessaire que les niches soient fermées par des cloisons de madriers, afin que personne n'y touche; il suffira seulement d'y pratiquer une petite porte pour y entrer quand on le jugera à propos: ainsi le passage de la porte sera comme à l'ordinaire, sans qu'on voye rien de tout ce qui contribuera à donner le mouvement au Pont.

Je crois en avoir dit assez pour rendre sensible l'exécution du Pont que je viens de décrire: je laisse aux habiles gens qui voudront le mettre en usage d'y faire les changemens qu'ils jugeront à propos; mais, comme tout ce qui a un air de nouveauté ne manque pas de rencontrer des censeurs, qui se font un plaisir de trouver des difficultés par-tout, dans les choses même les plus naturelles, on saura que peu de tems après avoir imaginé ce Pont, je l'ai fait exécuter à un Château dans le voisinage de la Fere, & que j'y ay suivi à peu de chose près tout ce qui vient d'être détaillé.

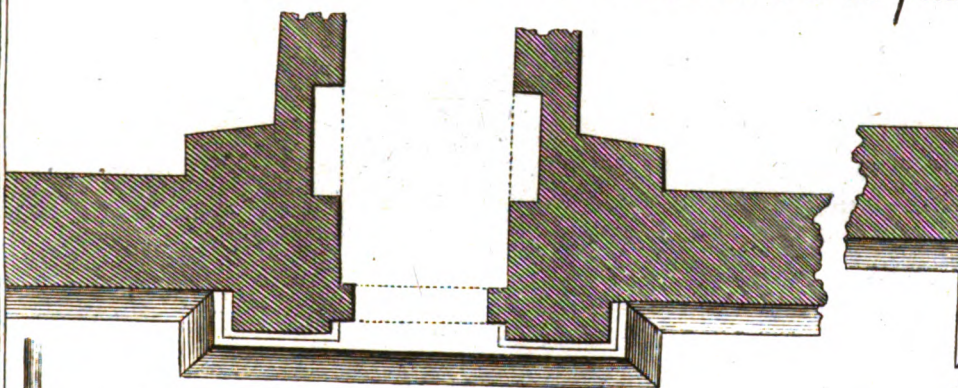
PLANCH.
19.

On fait aussi des Ponts-Levis aux ouvrages de dehors, comme demi-Lunes, ouvrages à corne, &c. pour en fermer l'entrée: on les leve par le moyen des bascules à flèches, parce que n'étant pas nécessaire de couvrir avec des frontons les portes de ces sortes de passages, on n'aprehende point d'en couper l'Architecture, il suffit que l'entrée soit décorée par des Pilastres couronnés d'un entablement, comme on le peut voir dans les 3 premières Figures de la Planche 19. qui conviennent fort quand les ouvrages détachés sont revêtus de maçonnerie jusqu'au parapet; mais, quand ils ne le sont qu'à demi, alors il est assez inutile d'y faire aucune décoration, on peut se contenter de faire porter la bascule par un châssis qui doit être

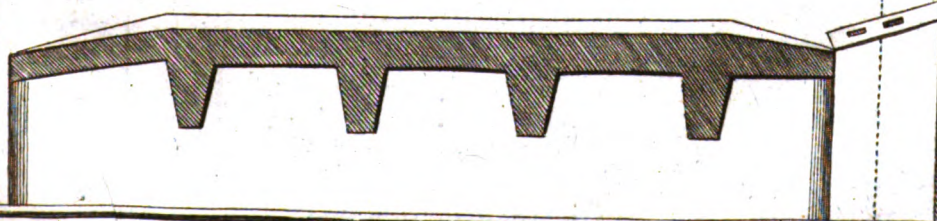
Comte Thomassin. Com^{te} d'artill.^e del.

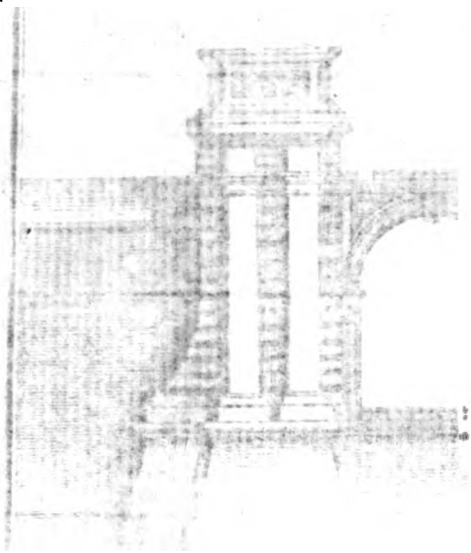


Plans et Elevations de plus



*Plan d'une porte pour un ouvrage à demi
Revetement*





D

c
t

an
fe
d
n

o

m

être situé sur la berme, comme je l'ai exprimé dans la quatrième & cinquième Figure de la même Planche, que je ne m'amuserai point à expliquer, parce qu'elle ne contient rien qui ne soit facile à concevoir.

CHAPITRE SIXIEME.

Des Ponts dormans qui servent à faciliter l'Entrée des Villes de Guerre.

LEs Ponts dormans, que l'on fait pour passer les Fossés des Fortifications, sont toujours de charpente, & élevés sur plusieurs chevalets qui sont posés sur des *Piles* de Maçonnerie *A*, dont la hauteur se règle sur la profondeur du Fossé: quelquefois dans les lieux marécageux, où on ne peut fonder des piles de Maçonnerie sans beaucoup de difficulté & de grandes dépenses, on se contente de planter des files de pieux d'une longueur suffisante, pour qu'une partie étant enfoncée à refus de mouton, l'autre qui reste en dehors soit assés élevée pour recevoir les chapeaux qui doivent être à peu près au niveau du rez-de-Chaussée.

Quand on n'a point de bois d'une assés belle longueur, on enfoncé autant de files de pilots qu'on le juge nécessaire, par rapport au nombre des travées que doit avoir le Pont: ces pilots sont arrasés au niveau du fonds du Fossé par des tenons qui s'emmanchent dans le sole des chevalets. C'est ainsi que j'ai vû construire à St. Venant en 1709. celui qui est sur le grand Fossé de la Porte d'Aire.

PLANCH.
20.

Le Pont, dont il est question presentement, est composé de plusieurs travées & chevalets dont on ne détermine point ici la quantité, parce que cela dépend de la longueur du Fossé où il doit être executé; chaque *Solle B*, qui ne porte point de bascule, a 22 pieds de longueur sur 10 à 12 de grosseur; celui *C*, qui porte le chassis de la bascule a 25 pieds de longueur sur 12 à 12 pouces de grosseur; sur chacune de ces soles, qui ne portent point de bascule, sont assemblés à tenons & mortoises 5 *Poteaux D*, avec deux *Liens bottans H*, terminés d'un *Chapeau E*.

Les poteaux ont 11 à 12 pouces de grosseur sur différentes longueurs, suivant les endroits où ils sont employés.

Le chevalet, qui porte la bascule du Pont-Levis, est construit de même, avec cette difference qu'il y a deux poteaux de plus, & que les

Livre IV.

G

cha-

chapeaux ont 25 pieds de longueur sur 13 à 14 pouces de grosseur.

Sur tous les chapeaux *E*, il y a, d'un chevalet à l'autre, cinq cours de *longerons F*, de 11 à 12 pouces de grosseur, espacés entr'eux de distance égale, formant en tout une largeur de 14 pieds, & sont recouverts d'un *Plancher* de madriers *I*, de 4 pouces d'épaisseur, chevillés sur chaque longeron d'une broche de fer de 8 à 9 pouces de longueur, ébarbellée par les angles.

Sur ce premier plancher l'on en pose un second de 8 pieds de largeur seulement, & de 3 pouces d'épaisseur, qu'on appelle *redoublement*, sur lequel l'on attache quelque fois des barres de fer plates autant plain que vuide, & de même longueur que les madriers.

L'on n'emploie plus guère de redoublement, ni de barres de fer, pour conserver les Ponts dormans: on les couvre d'un pavé plus élevé dans le milieu qu'aux extrémités pour l'écoulement des eaux; & alors l'on pose le long des poteaux montans des *gardes-pavé*, de 9 à 11 pouces d'équarrissage. Il est certain que ce pavé rend le Pont d'une bien plus longue durée, les réparations n'en étant pas si fréquentes qu'aux autres.

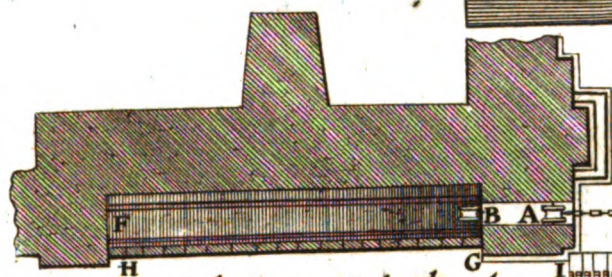
A l'extrémité de la largeur du premier plancher, & sur les chapeaux *E*, l'on assemble à tenons & mortoises les *Poteaux montans G*, des *gardes-foux* de 7 pieds & demi de longueur compris les tenons sur 8 à 8 pouces de grosseur, terminez par une tête arrondie ou à pan avec une gorge & un quart de rond au-dessous, comme il est figuré au dessin: ces poteaux sont affermis chacun d'un *lien pendant M*, de 6 pieds de longueur sur 12 à 6 pouces d'épaisseur, *chamfrinés* à un pied au-dessus du chapeau par un talon renversé, qui réduit la partie supérieure à 8 pouces de largeur pour affleurer le poteau des *gardes-foux*; ces poteaux sont liés ensemble par deux *cours de lisses*, *L* & *K*, dont la première *L* est appelée *lisse d'appuy*.

Le châssis de la bascule est composé de deux *poteaux montans N*, de 8 *liens enguette O*, d'un *chapeau P*, de 4 *liens ceintrés Q*, de deux *liens heurtoirs R*, & de 2 *semelles S*; les *poteaux montans N*, ont 14 pieds de longueur sur 13 à 14 pouces de grosseur élevés à plomb emmortoisés dans le *chapeau E*, sur lequel ils sont assemblés par les 4 *liens enguette O*, & archoutés par les 4 autres qui sont assemblés dans les *semelles S*: ces 8 *liens enguette* ont 10 sur 12 d'épaisseur, & de différentes longueurs, suivant les endroits où ils sont employés; il faut seulement remarquer, qu'ils doivent faire avec le chapeau & la semelle où ils sont assemblés un angle d'environ 60 degrés.

La bascule est composée de deux *flèches T*, d'une *culasse V*, de deux *entre-*

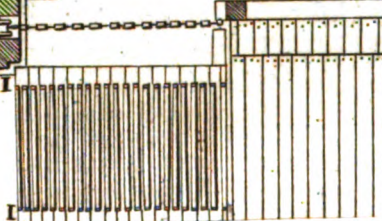
Profil d'un

Nouvelle maniere de fermer les
portes de ville en y appliquant la
Sinusoïde



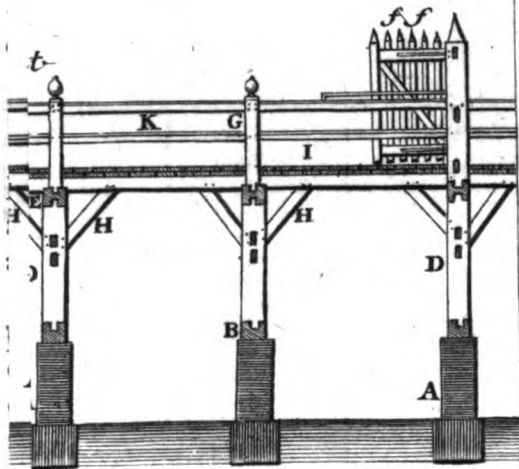
Passage de la Porte avec le plan des
niches ou sont logées les Sinusoïdes

Pont Dorme

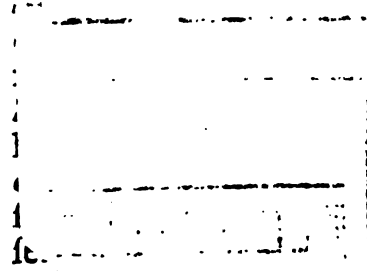
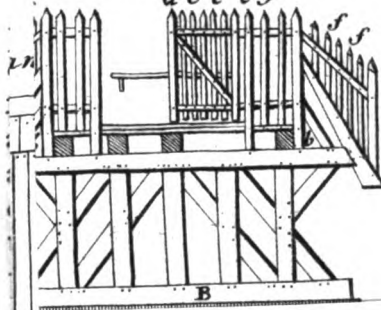


de grosseur ; les barres & traverses ont les mêmes grosseurs ; & les
G 2 bar-

$\frac{h}{2}$



re de la tête du Pont.
d e e c f



La bascule est composée de deux flèches *T*, d'une culasse *V*, de deux entre-

entre-toises *X* & *T*, dont la dernière *T*, s'appelle *entre-toise* des *tourillons*, & qui doit être comme la culasse assemblée dans les flèches par un double tenon: l'on fortifie cet assemblage ordinairement par des *Croix de St. André* *Z*, & d'autres liens, tant pour la solidité de l'ouvrage, que pour donner du poids à la bascule & faire un équilibre à peu-près égal au Pont-Levis; je dis à peu-près, parce qu'il faut que la bascule soit au moins de 200 liv. plus légère que le tablier.

Les flèches ont 14 à 16 pouces de grosseur à la culasse revenant à 10 à 12 aux extrémités, dont la partie qui excède l'entre-toise des *tourillons* *T*, est presque toujours taillée à 8 pans: la culasse a aussi 14 à 16 pouces de grosseur, & les deux autres *entre-toises* *X* & *T*, un peu moins, c'est-à-dire, qu'elles affleurent toujours la grosseur des flèches; à l'égard des *Croix de St. André* & des autres liens, ils sont d'un ou même de 2 pouces plus petits, suivant que l'on a besoin de poids pour l'équilibre.

Le *tablier* des *Ponts-Levis* est ordinairement composé d'une pièce qui porte les *tourillons* de 10 pieds de longueur sur 10 à 10 pouces de grosseur, d'une autre *b*, appelée *chevet*, & de 6 *soliveaux* *j*, de 12 pieds de longueur sur 5 à 6 pouces de grosseur, recouverts de madriers de 2 pouces, & redoublés de barres de fer autant plain que vuide.

Il y a des *Ingenieurs*, qui donnent quelques pouces moins en quarré au *chevet* qu'à la pièce des *tourillons*, & ne donnent pas tant de grosseur non plus au bout des *soliveaux* qui répondent au *chevet*; afin que le centre de gravité du tablier, n'étant point dans le milieu de sa longueur, mais plus près de la pièce des *tourillons* que du *chevet*, la bascule soit moins chargée & rende le mouvement du Pont plus doux: c'est en effet ce qui arrive quand on en use ainsi.

L'on fait, à la tête des *Ponts dormans*, une barrière sur le penultième *chevalet*, dont les poteaux sont comme ceux du châssis de la bascule des *Ponts-Levis* assemblés sur le chapeau du *chevalet* & affermis par deux *liens pendans* *a*, & deux autres liens *b*, plus quatre autres liens enguette sur l'intérieur des poteaux semblables à ceux des bascules *O*, & qui ne sont pas figurés sur le dessein.

La barrière est assemblée à *chaire voye* à 2 *vantaux*, chacun composé d'un *tournant* *c*, d'un *battant* *d*, & de 5 à 6 *épées* ou *barreaux*, avec une *barre* & deux *traverses*, le tout de même hauteur: les *tour-nans* & *battans* *c*, & *d*, ont 7 pieds de hauteur sur 5 à 7 pouces de grosseur; les barres & traverses ont les mêmes grosseurs; & les

barreaux *f*, tant de la barriere que des aîles, ont 3 à 4 pouces de grosseur, posés tant plain que vuide, & entaillés moitié par moitié dans les barres & traverses qui sont assemblées à tenons & mortoises dans les tournans & batans de la barriere.

Il se fait aussi des barrieres, pour fermer la sortie du chemin couvert des portes, aussi-bien que les places d'Armes qui sont répandues dans les dehors; on en peut voir ici l'élevation. Cette barriere a 2 vantaux qui tournent sur des *pivots* & arrêtés par le haut avec des *collets* de fer aux poteaux qui servent à l'entretenir; ces poteaux ont 9 pieds & demi de longueur, & 8 sur 6 pouces de grosseur, tenus en raison par un *pâtin* de 7 pieds de long & de 7 à 8 pouces de gros, & assemblés par 2 *solles* de 8 à 9 pouces de grosseur, dont l'un doit être enterré de 2 ou 3 pieds, & l'autre posé au niveau des passages: les 2 vantaux de la barriere sont entretenus par des *traverses* & *contre-fiches* de 6 sur 7 pouces de gros, assemblés par entaille avec les barrieres par une profondeur de moitié par moitié; ces barreaux doivent avoir 5 sur 6 pouces de grosseur & apointés comme les pallissades.

Quand l'eau du fossé est dormante, ou qu'elle n'a qu'un cours paisible, les ponts se peuvent faire à peu-près semblables aux précédens; mais, s'il se rencontroit une riviere à l'entrée de la place, dont le courant fût rapide, il faudroit s'y prendre d'une façon toute differente, comme on le va voir.

PLANCH.
21.

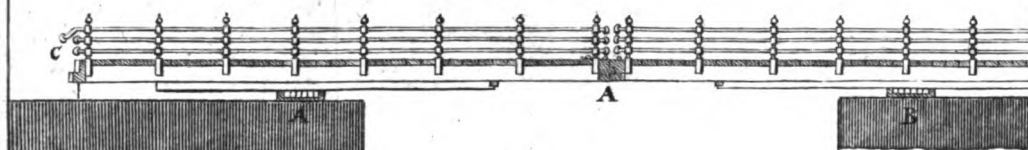
Les ponts dormans de charpente, qui servent au passage des rivières, sont ordinairement construits comme celui qui est représenté sur la Planche 21: mais de quelque façon que soit disposé l'assemblage de la charpente, on les élève aussi haut que la navigation le demande; quant à leur largeur, elle doit être proportionnée à la grandeur des routes: on les élève sur plusieurs *palées*, composées d'une ou deux files de pieux, & l'on a soin de faire une de leur travées assez large, pour que les plus grands bateaux puissent y passer librement.

Le nombre des pieux, qui compose chaque palée, est réglé par la largeur du pont, & l'on observe qu'ils ayent environ 3 pieds de distance par en bas, qu'on réduit en haut à un pied & demi, ou à deux pieds pour chaque vuide d'*entrevoûx*, parce qu'ainsi on forme une maniere d'empatement qui résiste d'avantage aux efforts de l'eau, que si tous les pieux étoient perpendiculaires.

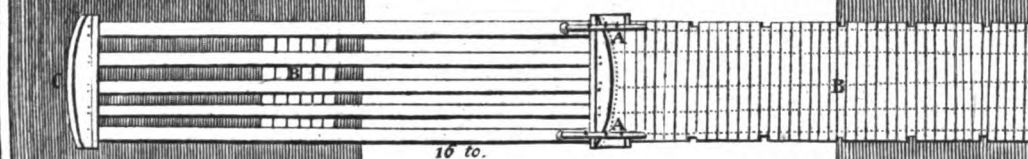
Quand on ne fait les travées que d'une file de pieux seulement, cela ne doit se pratiquer qu'aux ponts qui servent à traverser de petites rivières; car, pour ceux qui sont sur des rivières fort larges,

Eche

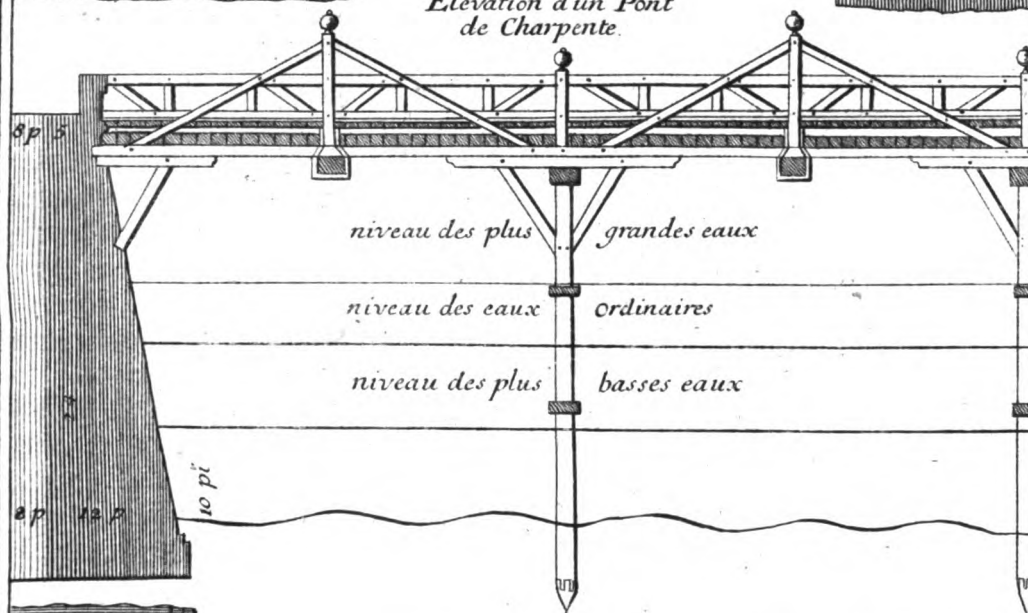
Elevation d'un Pont tournant.



Plan d'un Pont tournant



Elevation d'un Pont de Charpente.



Plan de la Culée du Pont



Plan du pilotage d'un Chevalet.



Plan d'un Chevalet avec



larges, & dont le courant est rapide, les palées doivent être faites de 2 ou 3 rangs de files de pieux bien *coefés*, *liernés*, & *moisés*, avec des *contre-fiches* à deux rangs, pour les entretenir comme dans la planche 22.

La plupart de ces palées sont pour l'ordinaire *contregardées* du côté d'*amont* par un *avant-bec* de pilotage en forme de *brise-glace*, qu'on revêt de planches par dehors, depuis les plus basses eaux de la rivière, jusqu'aux plus hautes des inondations, afin que lors que le courant charie des glaces & des arbres, les uns & les autres aient moins de prise sur le corps des palées, & qu'ils ne fassent que glisser.

PLANCH.
22.

Comme il peut arriver qu'en voulant planter des pieux pour former une palée, l'on rencontre du roc dans le lit de la rivière, positivement dans l'endroit où l'on en veut enfoncer; si l'on n'a pu faire des batardaux & les épuisemens, en sorte qu'il reste 5 ou 6 pieds d'eau, on sera sans doute embarrassé dans un pareil cas, puisqu'il n'est pas possible que des hommes tout couverts d'eau, puissent faire un trou de 3 ou 4 pieds dans le roc: pour surmonter une pareille difficulté, il faut faire deux tonneaux ouverts par les deux bouts, dont l'un ait 9 pieds de diamètre & l'autre 5, & que ces deux tonneaux soient deux pieds plus hauts que la profondeur de l'eau, l'on placera le plus grand dans la rivière à l'endroit où l'on veut percer, de manière que le roc se trouve dans le milieu du tonneau, ensuite l'on enfoncera les douves de quelques pouces dans le lit de la rivière, & l'on chargera le dessus du tonneau de façon que le courant ne l'ébranle point, après l'on mettra le petit tonneau dans le milieu du grand, & l'on remplira de terre glaise l'espace qui est entre deux, que l'on battra avec la demoiselle, pour qu'elle fasse un bon massif; enfin l'on vuidera l'eau qui sera dans le petit tonneau, & l'on y introduira un ouvrier qui fera le trou qu'on s'étoit proposé.

Mais, pour revenir à notre pont de charpente de la Planche 21, je crois qu'il est inutile de m'étendre sur l'assemblage des pièces dont il est composé: je rapporterai seulement les dimensions de chacune; les plans, profils, & élévations, donneront l'intelligence du reste.

Les *moises* sont de différentes longueurs, & de 8 à 9 pouces de grosseur.

Les *chapeaux* sont de 6 toises de longueur chacun, & de 18 à 20 pouces de grosseur.

Les *semelles* au-dessus des chapeaux, ont chacune 16 pieds de longueur & 15 pouces de grosseur.

G 3

Les

54 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

Les *liens* sous les femelles ont chacun 6 pieds de long, sur 10 à 12 pouces de grosseur.

Les *Poutrelles* des travées du pont, qui ne sont pas dans le grand courant, ont six toises 4 pieds de longueur, sur 14 à 15 pouces de grosseur; & celles du grand courant ont 7 toises 4 pieds & demi sur 15 à 16 pouces de grosseur.

Le plancher du pont a 5 toises 5 pieds de largeur, sur 3 pouces d'épaisseur.

Le redoublement du plancher entre les deux banquettes, a 3 toises de largeur, sur 2 pouces d'épaisseur.

Les *feuilles* des banquettes sont de toute la longueur du pont, & de 20 pouces de grosseur.

Les *solivaux* des banquettes ont 6 pieds de long, sur 8 pouces de grosseur.

Le plancher des banquettes a 6 pieds de largeur, sur 2 pouces d'épaisseur.

Les poteaux des garde-foux ont 6 pieds de long, sur 8 & 10 pouces de grosseur.

Les liens pendans ont 10 pieds de longueur, sur 10 pouces par le bout, & 20 sur le bout du chapeau.

Les *décharges* ou *jettées* ont chacune 20 pieds de longueur, sur 8 à 9 pouces de grosseur.

Les *garde-foux* ont 7 à 8 pouces de grosseur.

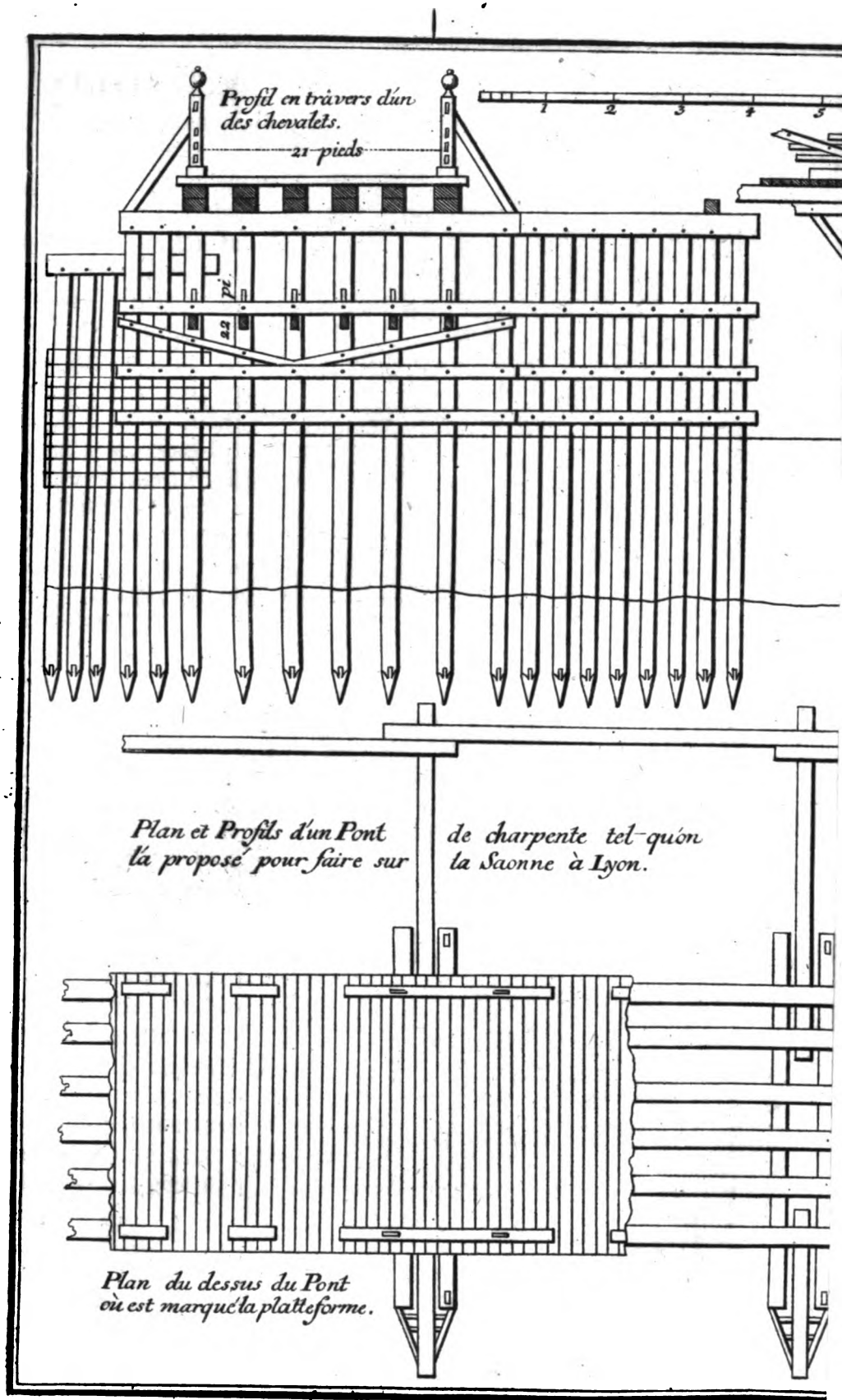
Quant aux *brise-glaces*, les pilots sont de différentes longueurs, sur 13 à 19 pouces de grosseur.

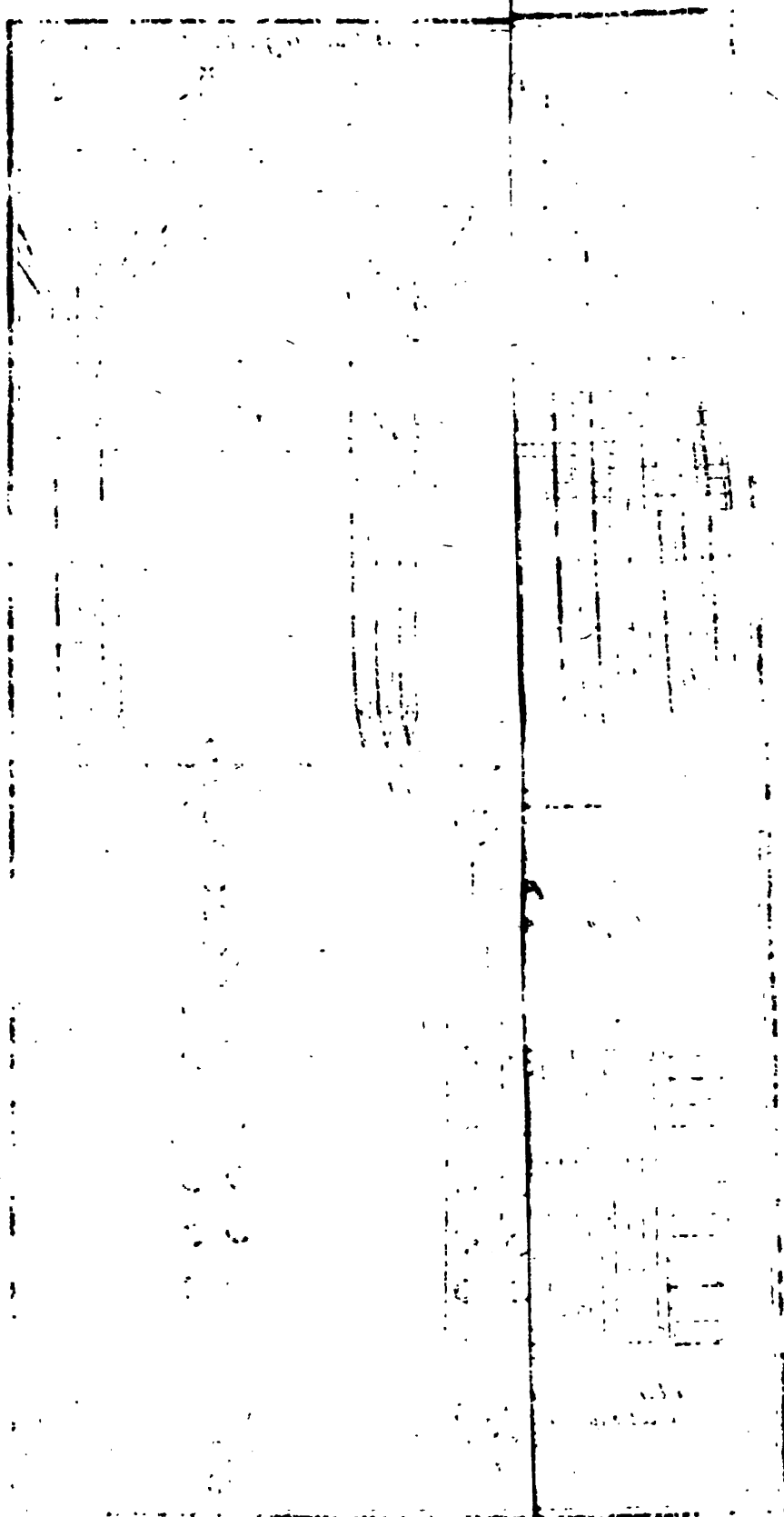
Les *maises* sont aussi de différentes longueurs, & ont 8 à 10 pouces de grosseur.

Il se fait des ponts tournans qui sont très commodes, pour faciliter le passage au-dessus des écluses, ou aux autres endroits d'une rivière ou canal, où il doit passer des bateaux: je ne m'étois pas proposé de parler ici de ces sortes de ponts, parce qu'étant relatifs aux écluses, ils appartiennent plutôt à l'Architecture Hydraulique, qu'à la matière que je traite présentement; mais comme, sans y faire attention, on en a rapporté deux desseins sur la Planche 21, je me trouve dans la nécessité d'en donner l'Explication, quoi qu'assés hors de propos par rapport au plan que je me suis fait, de ne parler de chaque chose que dans l'endroit qui lui convient naturellement.

PLANCH.
21.

Le plan CI du premier Pont fait voir, qu'il est coupé en deux également, afin que chaque moitié se puisse séparer, & se rejoindre, en tournant comme sur un pivot: une de ces moitiés est re-





présentée à jour, pour montrer l'assemblage de la charpente, & l'autre est recouverte de madriers; l'on observera que la jonction des deux moitiés se fait en portion de cercle à l'endroit *AA*, afin qu'étant arrêtée par des verroux, l'union en soit plus ferme: à l'égard de l'élevation elle n'a rien de particulier, sinon que les gardes-foux sont de fer, pour que le pont en paroisse plus léger.

L'autre dessein représente encore un pont tournant, dont la jonction se fait obliquement à l'endroit *D*: le plan est à peu près de même que le précédent, il n'y a de différence que dans l'élevation, où les gardes-foux, au lieu d'être de fer sont de bois, d'un assemblage particulier qu'il suffit d'examiner pour voir que l'on a eu en vûe de rendre ce pont beaucoup plus solide que l'autre; & comme une pareille construction chargeroit beaucoup la *crapaudine*, on a crû que pour la soulager il falloit faire des *roulettes* à l'entour, afin de faire tourner le pont aisément, & qu'il demeure toujours en équilibre, sans pancher plus d'un côté que de l'autre: à l'égard des dimensions du pont de la 22. Planche, je n'en parlerai pas, parce qu'il fera aisé de les déterminer, sur ce que je viens de dire au sujet de l'autre.

Comme tout ce qui peut faciliter la communication des ouvrages appartient à ce chapitre, je crois devoir ajouter, que quand les fossés d'une place sont inondés, on fait des petits ponts à fleur d'eau, qui vont des poternes du corps de la place à la demi-Lune, ou à quelqu'autre ouvrage: on en fait aussi de semblables le long des gorges, pour aller de la demi-Lune dans le chemin couvert, ou dans les contregardes, ainsi qu'on le peut voir dans la 29. Planche: l'on pratique pourtant quelquefois des poternes dans les faces, & en ce cas le pont, qui communique aux autres ouvrages voisins, répond à la poterne, & n'est plus à la gorge de la demi-Lune; c'est ainsi par exemple qu'au Neuf Brisack l'on communique des contregardes dans les tenailles, en passant par les poternes qui sont aux flancs.

PLANCHE.
25.

Quand les fossés sont à sec, on fait des *Caponieres* qui assurent & couvrent parfaitement les communications: ces caponieres ne sont autre chose qu'un parapet fait en glacis à droit & à gauche du passage que l'on pratique dans le fond des fossez, comme on le peut voir sur la Planche que je viens de citer.

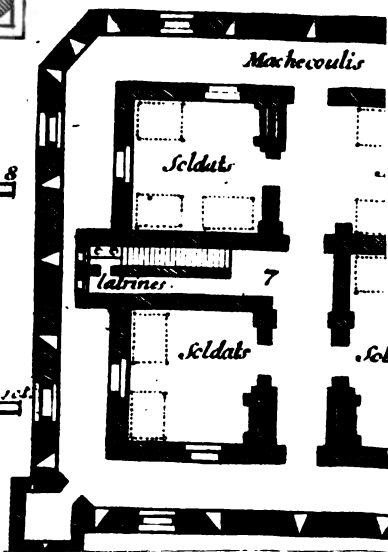
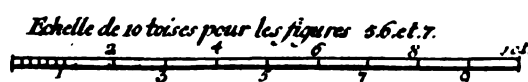
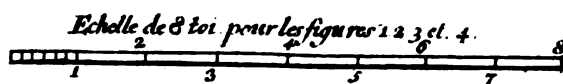
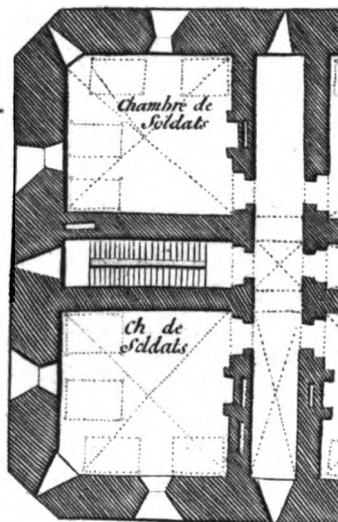
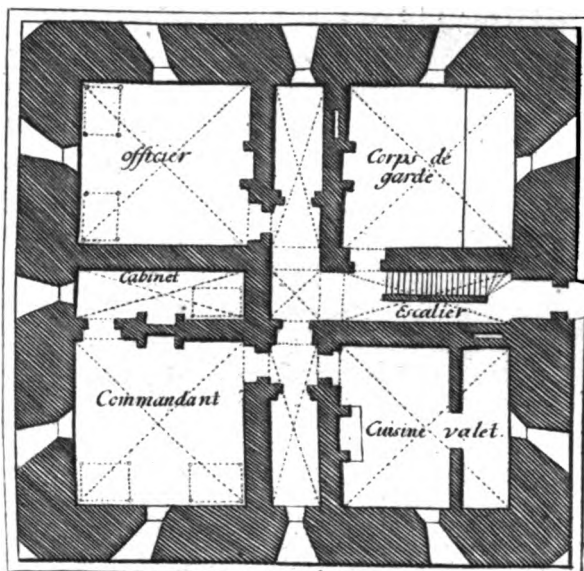
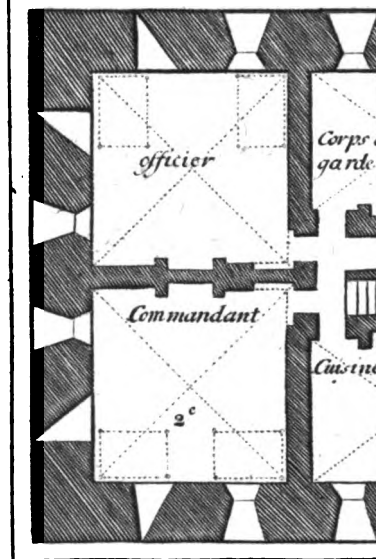
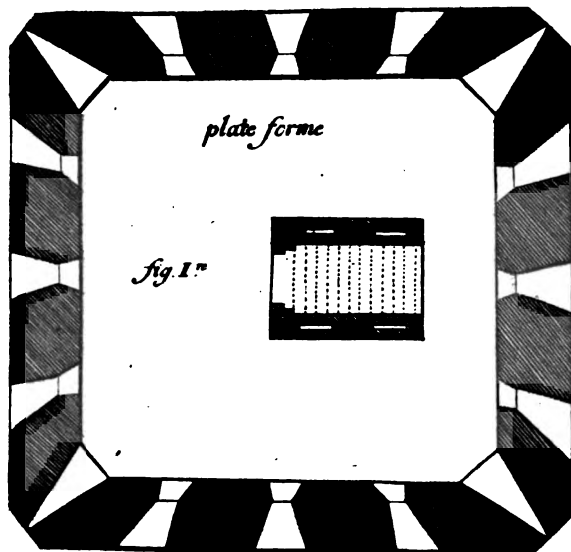
C H A-

CHAPITRE SEPTIEME.

*Des Corps de Gardes en general, des Guerites & Latrines.*PLANCH.
15.

Indépendamment des Corps de Gardes dont nous avons parlé pour veiller à la sûreté des Portes, il s'en fait encore d'autres dedans & dehors les Places: par exemple, quand les Portes sont trop éloignées les unes des autres pour que les Corps de Gardes qui y sont puissent poster des Sentinelles à tous les endroits du Rempart où l'on juge à propos d'en poser, l'on en construit d'autres pour être à portée de faire les rondes & de veiller à ce qui se passe; si la Ville est traversée par quelque Riviere, & qu'il y ait par conséquent des Portes d'eau, l'on ne manque pas d'y en faire un. En un mot à tous les endroits où l'on a quelque raison d'y en établir, tel est celui de la place d'Armes & des autres répandus dans les grandes Villes pour maintenir le bon ordre & poser des Sentinelles aux Portes de ceux qui ont droit d'en avoir. Or comme ces Corps de Gardes ne comprennent rien de particulier dans leur construction, je ne m'arrêteray point à en rapporter d'autres que celui qui est sur la planche 15. qui pourra servir de modèle en y faisant les changemens que l'on croira nécessaires; j'ajouterai seulement, qu'en construisant ceux des remparts, on fera bien d'y ménager de petits entrepôts pour renfermer des munitions, afin de les avoir à portée d'être distribuées aux détachemens qui sortent de la place, pour des escortes ou pour quelque expedition, & n'être point dans la peine d'ouvrir les magasins, souvent pour peu de chose: ces entrepôts sont fort commodes en tems de siège, pour le service du rempart & celui des dehors; il est vrai que dans la plupart des grandes Villes, où l'enceinte est accompagnée de tours ou reduits, on y rencontre des endroits propres pour des entrepôts, mais je suppose une place neuve où l'on seroit privé de ces sortes de commodités.

Je crois que l'on peut aussi comprendre, sous le nom de corps de garde, les redoutes de maçonnerie qui se font dans les dehors des places, aux endroits où il est de conséquence d'avoir des postes pour garder une Ecluse, un Batardeau, un Pont, &c. puisque ces redoutes ne sont à le bien prendre que des corps de gardes retranchés: quand elles sont près de la place, on en relève la garde tous les



les jours par de nouvelles troupes; mais quand elles en font fort éloignées, on y établit une petite garnison, & alors il faut qu'elles soient composées de plusieurs étages, pour y distribuer les logemens nécessaires aux Officiers & aux Soldats: & ne pouvant être que fort ferrés dans un aussi petit endroit, il faut faire en sorte, en les construisant, de ménager si bien la grandeur des pièces, qu'on y puisse avoir les commodités essentielles; par exemple, si on peut faire un étage souterrain, il faudra y pratiquer un magasin à poudre, un autre pour les vivres, une cave, & une citerne qui recevra les eaux de pluie, qui tomberont sur la plate forme, ou sur le toit, par le moyen des goutieres: ensuite au-dessus de l'étage souterrain, on en pourra faire deux ou trois autres pour loger les troupes; de la manière qu'on les voit représentés sur la Planche 23, qui comprend les plans de deux redoutes différentes; les premier second & quatrième desseins sont des étages dont la troisième figure représente le profil, les cinquième sixième & septième sont supposés appartenir à une autre redoute qui seroit à *machicoulis*, c'est-à-dire, qui seroit faite de façon, que le dernier étage faisant saillie en dehors sur les deux autres inférieurs, puisse voir le pied du revêtement de la redoute, pour en défendre l'accès: je n'en ai point rapporté le profil, parce qu'il ne restoit pas de place sur la Planche pour l'y tracer, mais on jugera sans peine de quoi il est question; ces redoutes sont presque toujours entourées d'un rempart, qui a son fossé comme on l'a supposé ici, pour éviter les desseins qu'il auroit fallu encore rapporter, si on avoit voulu détailler quelque chose de plus que le corps de la redoute.

PLANCH.
23.

Les Guerites, qui se font sur le rempart, sont ordinairement placées aux angles des Bastions, demi-Lune, & autres ouvrages détachés, elles doivent être de plain pied au rempart, & quand elles sont de maçonnerie, elles peuvent être rondes, pentagonalles, ou exagonalles, leur diamètre doit être en dedans, d'environ quatre pieds, & leur hauteur de six à la naissance de la calotte; il faut qu'elles soient percées de quatre ou cinq petites fenestres ouvertes, de manière que la sentinelle puisse aisément découvrir le fond du fossé, le chemin couvert, & les autres dehors: les trois premières figures de Guerites pourront servir de modèles, selon qu'on les voudra plus ou moins orner; les trois autres desseins sont des Guerites de charpente, pour faire aux angles des ouvrages qui ne sont point revêtus, l'on y voit l'assemblage des pièces qui les composent, selon l'ouverture des angles droits, obtus, ou aigus: quant aux autres Guerites que l'on place indifféremment, on les fait toujours

PLANCH.
24.

de figure quarrée, comme aux 7^e. & 8^e. desseins, qui s'expliquent assez d'eux mêmes.

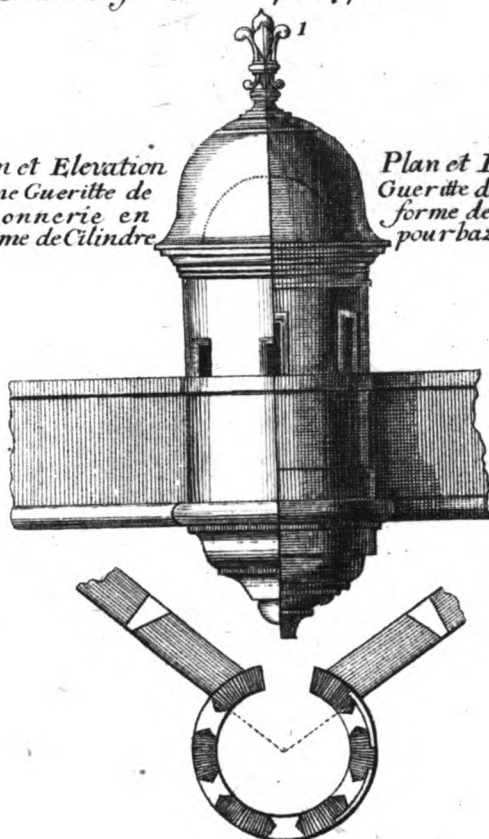
Voyez les
Latrines
qui sont sur
la Planché
33.

L'on fait quelquefois des Latrines de charpente sur le rempart, au milieu des courtines, quand il n'y a point de poternes au-dessous, parce que s'il s'y en trouvoit, il faudroit prendre garde de ne point en salir la sortie, ainsi suposant que le corps de la place soit revêtu, il faut commencer par poser au niveau du terre-plain du rempart, des poutrelles à deux pieds & demi l'une de l'autre, qui aient environ 20 pieds de long, sur 10 à 12 pouces; ces poutrelles doivent saillir de 4 pieds au delà du talud du revêtement, ainsi leur longueur étant de 20 pieds, & le revêtement en ayant 6 de talud, la moitié portera sur le rempart, & l'autre moitié fera en saillie, afin de faire les Latrines de manière, que les ordures ne tombent point sur la muraille: pour les maintenir on y attachera avec des liens de fer, des poteaux pendans, qui seront retenus entre la muraille & les terres du rempart; & pour rendre le plancher plus solide, on peut, au-dessous du cordon, encastrer dans la muraille d'autres poteaux pendans sous chaque poutrelle, afin de soutenir le poids des Latrines, ou bien on pourra, en construisant le revêtement, placer au-dessous des endroits où on doit poser les poutrelles des *Corbeaux* ou *Consôles* de pierre de taille, pour appuyer les liens, ce qui rendra l'ouvrage plus solide: quant à l'assemblage du reste de la charpente, il n'est pas besoin de l'expliquer puisque les plans & profils qui sont sur la 33 Planché, en facilitent assez l'intelligence: d'ailleurs, ce sujet n'est pas si intéressant pour mériter une plus longue explication; je l'aurois même supprimée, si, dans un ouvrage comme celui-ci, il ne falloit parler de tout.

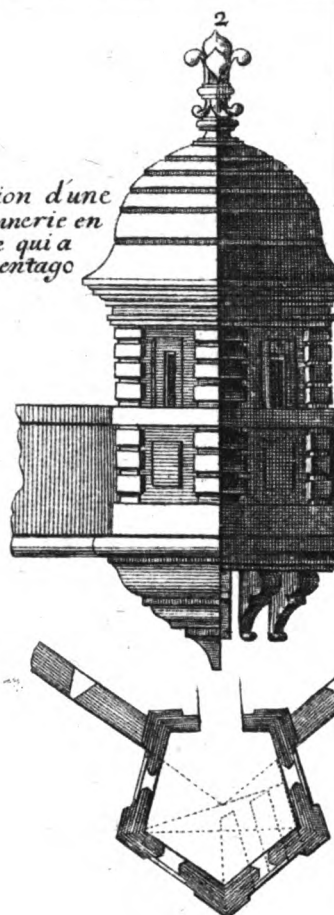
Quand il se rencontre, dans le voisinage des Cazernes, une rivière ou un ruisseau, il vaut beaucoup mieux en profiter pour y faire des Latrines, que de les placer sur le rempart, puisque, tout bien considéré, elles présentent un coup d'œil fort désagréable; mais quand on n'a point cette commodité, je voudrois qu'on les fit sous le terre-plain du rempart, ou sous les escaliers par lesquels on y monte: en ce cas, il faut que l'égout, où se rassemblent les eaux des rues, reçoive les ordures pour les conduire dans le fossé.

C H A.

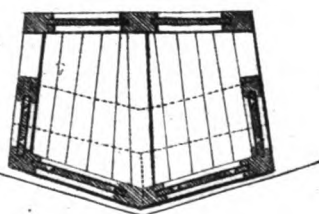
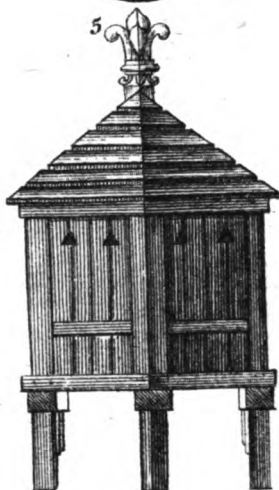
*Plan et Elevation
d'une Gueritte de
Maçonnerie en
forme de Cilindre*



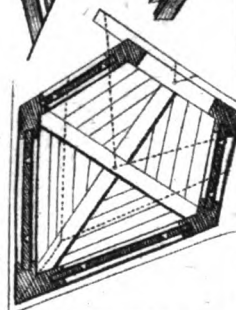
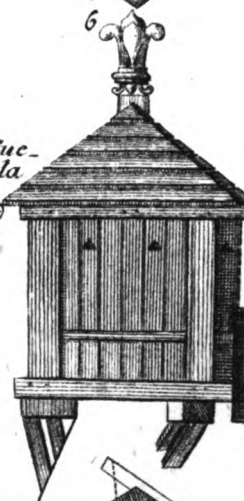
*Plan et Elevation d'une
Gueritte de maçonnerie en
forme de prisme qui a
pour base un pentago
ne*



*autre Gueritte de
Charpente pour
faire sur les angles
obtus.*



*Cette Sixieme Gue-
ritte represente la
forme qu'on leur
doit donner quand
on les fait sur les
angles aigus.*



CHAPITRE HUITIEME.

De la Distribution des Ruës dans les Villes de Guerre.

Quand l'espace, que l'on veut fortifier, n'est point occupé par quelque ancienne habitation, on ne doit rien négliger pour faire regner dans l'intérieur de la place le plus de régularité qu'il est possible, soit pour la distribution des ruës, celle des maisons de Bourgeois, l'emplacement des Corps de Garde, Cazernes, magasins à poudre, arsenaux, cantines, boulangeries, & logemens d'état Major, afin que tous ces édifices répondent au reste de la place, de façon que chacun puisse être à portée de remplir son objet principal; & pour mieux juger de cette disposition, je donnerai pour modèle le plan des ruës du Neuf-Brifack, comme le plus parfait que je connoisse.

PLANCH.
25.

Quand on peut disposer d'un grand terrain, il est à propos, pour la commodité du public, de faire plusieurs places; mais si on en étoit empêché par une raison contraire, il faudroit au moins en faire une au centre, & lui donner une figure quarrée; sa grandeur doit être proportionnée à celle de l'enceinte, par conséquent la quantité de troupes qui veilleront à sa conservation; car cette place devant servir à assembler la garnison, pour le service journalier, il faut qu'elle ait une capacité raisonnable. J'estime donc qu'à une Fortification de six Bastions, sur la base de 180 toises, on pourra donner à la place d'armes 40 à 45 toises en quarré, à celle de 7 Bastions, 55 à 60, pour une à 8, 70 à 75, pour celle qui en auroit 9 ou 10, 80 à 85, enfin à celle qui en auroit 11 ou 12, 90 à 95: au reste, il vaut mieux s'en rapporter à la discrétion des Ingenieurs, qui executent de pareils desseins, qu'à aucune regle particuliere.

On fait ordinairement une petite place d'armes devant chaque porte de la Ville, afin que les corps de garde qui y sont ayent devant eux une espece d'esplanade, pour se garentir des surprises du dedans: d'ailleurs, ces petites places font un bel effet, & sont fort commodes pour degager le passage, quand les voitures qui veulent sortir de la Ville sont obligées d'attendre que celles qui sont sur les ponts soient entrées.

Quant aux ruës, il faut que les principales partent de la place d'armes, pour aller sur un même allignement aux portes de la Ville,

H 2

aux

aux remparts, & principalement à la Citadelle, ou au réduit s'il y en a, afin qu'elles puissent être enfilées; on observera qu'elles soient perpendiculaires les unes aux autres autant qu'il est possible, pour que les encoignures des maisons soient à angle droit: on leur donne ordinairement six toises de large, afin que trois chariots puissent passer de front, & que s'il s'en rencontroit un d'arrêté de chaque côté de la rue, un troisième pût passer entre-deux, de sorte qu'il reste assez d'espace pour les gens de pied & de cheval; pour les petites rues, on se contente de leur donner 3 à 4 toises de largeur.

La distance d'une rue, à celle qui lui est parallèle, doit être telle, qu'entre l'une & l'autre, il y reste un espace pour deux maisons de Bourgeois, dont l'une regarde dans une rue, & l'autre dans celle opposée; chacune de ces maisons doit avoir environ 5 à 6 toises de face, sur 7 à 8 d'enfoncement, avec une cour de pareille grandeur, pour que l'intervalle d'une rue à l'autre soit d'environ 32 ou 33 toises; dans cette largeur on peut aisément trouver l'étendue qu'il faut pour les grandes maisons, qui auroient écuries & jardins.

Dans les Villes où il y a des rues anciennes, on les laisse telles qu'elles sont, on se contente seulement de redresser ou d'élargir les plus essentielles, comme celles des entrées & sorties: on en fait de même à l'égard de la place d'armes, quand il ne s'en trouve point d'allée grande pour faire le service ordinaire.

Indépendamment du corps de garde de la place d'armes, & de ceux des portes, on en fait encore sur le rempart, pour avoir des postes qui soient à portée de veiller à la sûreté du corps de la place: ils se font quelquefois au centre ou aux gorges des Bastions, quand il n'y a point de cavaliers ou de magasins à poudre, ou bien on les place dans le milieu des courtines, principalement quand il y a quelque porte d'eau, occasionnée par les rivières.

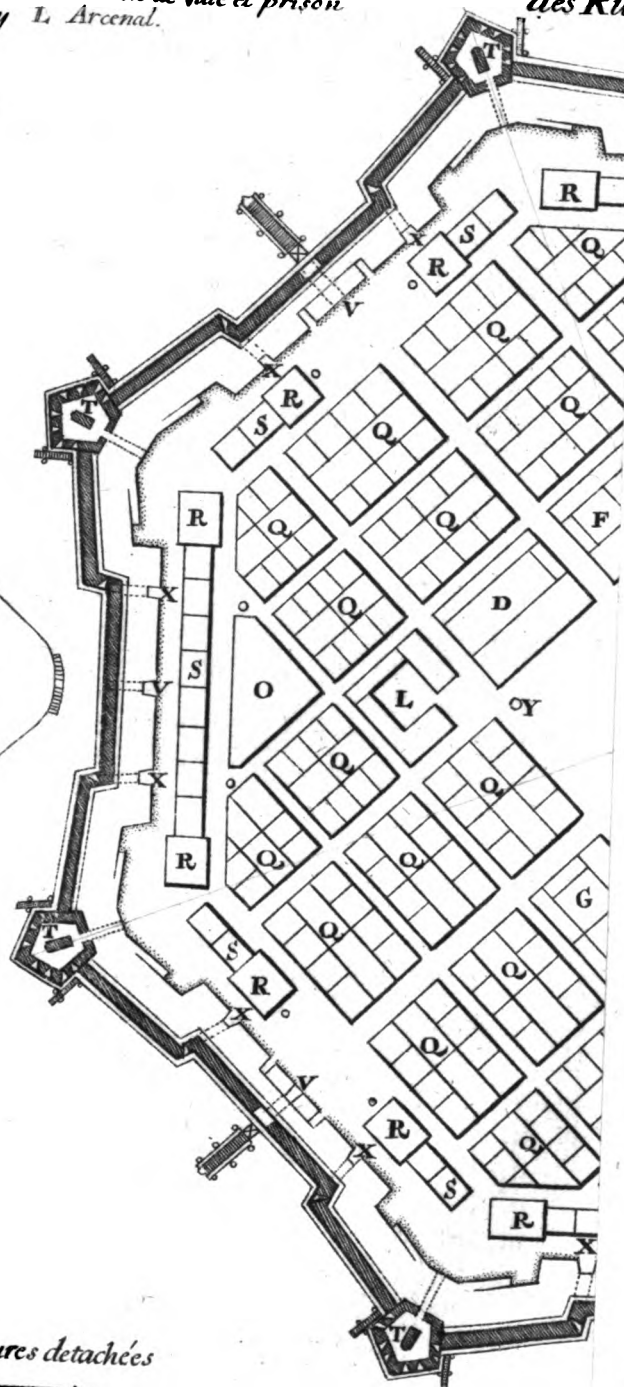
Les Magasins à poudre devant être éloignés, le plus qu'il est possible, des maisons des habitants, on ne peut guère mieux les placer, que dans le milieu des Bastions.

Comme l'Arsenal est un des Edifices militaires qui doit occuper le plus d'espace, il est allés difficile d'en déterminer l'emplacement, parce que cela dépend de mille circonstances qu'on ne peut appercevoir que sur les lieux; mais on aura au moins attention de le détacher de tout autre Bâtiment, tant pour la sûreté des munitions, que pour ne point participer aux incendies qui pourroient arriver dans son voisinage. Quand il passe une rivière dans la Ville, il est essentiel, pour le bien du service, que l'Arsenal n'en soit point éloigné, afin

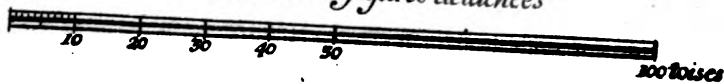
- A Place d'armes
 B l'Eglise et le Cimetiere
 C logement du Cure et Vicaires
 D logement du Gouverneur
 E logement du Lieutenant de Roy
 F logement du major
 G Intendant
 H Commissaire
 I Aide major et Capit^{nes} des portes
 K Maison de Ville et prison
 L Arcenal.

Plan des Rues

Plan pour
faire voir
les Caponi
eré servit
de Commu
nication.



Echelle des deux figures detachées



afin d'être plus à portée de former les convois qui pourront se faire par la navigation. Nous reprendrons cet article dans le Chapitre neuvième.

Les Cazernes se placent ordinairement proche le Rempart, le long des Courtines, & c'est en effet la situation qui leur convient le mieux, parce qu'on y peut ménager un espace pour faire faire l'exercice, le Soldat est plus détaché de la Bourgeoisie, on peut faire plus secrettement les détachemens qui doivent marcher pour quelque entreprise, au lieu que par-tout ailleurs les mêmes avantages ne se rencontreroient peut-être pas sans difficulté.

Comme la Cantine & la Boulangerie regardent la subsistance de la Garnison, on doit les placer dans le voisinage des Cazernes & même dans l'endroit où il se rencontre près de-là un Corps de Garde qui soit en état d'en imposer en cas de désordre.

Pour l'Hôpital, il est presque inutile de dire qu'il est à propos de le placer dans un endroit écarté ; mais, sur toute chose, proche une rivière ou ruisseau, s'il en passe dans la Ville.

A l'égard des logemens de l'état Major, il est naturel qu'ils répondent à la Place d'Armes, ceux des Capitaines des Portes se font ordinairement au-dessus des Portes mêmes, ces logemens peuvent aussi servir pour les Aydes-Majors de la Place.

Pour dire aussi un mot de l'emplacement de l'Eglise, il convient que quand il n'y a qu'une Paroisse, comme cela est assés ordinaire dans les Villes neuves, qu'elle soit située sur la Place, afin qu'étant au centre de la Ville, les Habitans en soient également à portée.

A l'égard de la décoration, on ne doit rien négliger de ce qui peut flater le coup d'œil, afin qu'il regne par-tout un air de simetrie qui répande autant de grace dans l'interieur, que la force & la solidité des Fortifications donnera de Majesté à l'exterieur.

Voilà en gros ce que je m'étois proposé d'insinuer dans ce Chapitre : tout ce qui en fait l'objet est de si petite conséquence, que je ne crois pas devoir l'étendre davantage, puisqu'il ne faut que le sens-commun pour voir la nécessité de semblables distributions ; mais, ce qui demande plus de capacité & d'intelligence, c'est l'exécution, tant des Edifices dont je viens de parler, que de ceux dont on va voir les détails dans les Chapitres suivans.

CHAPITRE NEUVIEME.

Des Magasins à Poudre & Arsenaux pour les Munitions de Guerre.

ON ne faisoit pas autrefois de Magasins comme on l'a pratiqué dans ces derniers tems, on resserroit la Poudre dans des Tours attachées au corps de la Place, ce qui étoit sujet à de grands accidens, car quand le feu venoit à y prendre, soit par hasard, ou par le dessein concerté de quelque trahison, il se formoit une brèche dont l'ennemi pouvoit se prévaloir, comme cela est arrivé à Aire du tems que cette Place appartenoit à l'Espagne: les François qui en faisoient le Siège, d'intelligence avec un habitant, trouverent moyen de mettre le feu aux Poudres qui étoient dans le souterrain d'un Bastion, elles firent un si grand effet, qu'une partie du Rempart fut renversée dans le Fossé, & un Cavalier qui occupoit le terre-plain partagé en deux monticules que l'on voit encore; les Assiégeans s'étant présentés sur la contrescarpe pour monter à l'Assaut, la Garnison fut obligée de se rendre plutôt qu'elle ne l'eût fait.

PLANCH.
26.
FIG. 1.
& 2.

Quand on vit de quelle conséquence il étoit de séparer les Magasins de l'enceinte, on en bâtit de différente figure; mais on fut longtems avant de rencontrer les justes proportions qu'il falloit leur donner: les plus ordinaires se faisoient comme celui qui est représenté par le premier & le deuxième dessein de la Planche 26. où l'on voit qu'on les couvroit par plusieurs Voûtes d'arrête appuyées dans le milieu sur deux ou trois piliers; mais comme pour réunir ces Voûtes sous les mêmes pentes du toit, il falloit faire un massif considérable de Maçonnerie qui les chargeoit extraordinairement, on convint qu'il valloit beaucoup mieux les couvrir d'une seule Voûte que l'on fit d'abord en tiers-point, comme on le peut voir dans le cinquième & sixième dessein de la même Planche: l'on pratiquoit à la naissance de la Voûte un plancher pour faire une espece de Grenier, afin d'y resserer les Poudres qui ne pouvoient pas être contenues au rez-de-Chaussée.

Mr. de Vauban ayant remarqué dans plusieurs Siéges, que les Voûtes en tiers-point étoient trop foibles, & que le Grenier ne faisoit que charger les piés-droits fort mal-à-propos, puisque la prudence

dence ne vouloit pas qu'on avanturât tant de Poudre dans un même Magasin, étant plus convenable de la partager dans differens endroits, rejetta absolument toutes les constructions qui avoient été en usage jusqu'alors, & en proposa une nouvelle beaucoup plus parfaite, qui est celle qu'on voit représentée par le premier & le second dessein de la 27 Planche, qui a toujours été exécutée avec succès, quoiqu'on pourroit la rendre encore plus parfaite en y changeant quelque chose, comme je le ferai voir dans la suite.

PLANCH.
27.
FIG. 1.
& 2.

Je n'ai jamais considéré sérieusement ce dessein, sans avoir été ravi d'admiration, en remarquant que ce grand Homme avoit rencontré à peu de chose près, par la justesse de son esprit & sa grande expérience, des proportions presque aussi exactes que celles qu'auroit pu donner une parfaite connoissance de la Mécanique des Voûtes. Voilà l'avantage des Génies supérieurs; s'ils ne frappent pas directement au but, du moins ils ne s'en écartent guère. Tous les Magasins qui ont été construits dans ce goût-là se sont soutenus jusqu'à présent, sans qu'il leur soit arrivé aucun accident, même dans les Places assiégées qui ont le plus souffert des Bombes; il en est tombé à Landaw plus de 80 sur un semblable Magasin, sans que la Voûte en ait été aucunement endommagée, la même chose est arrivée à Ath & à plusieurs autres endroits. Mr. Demus Directeur des Fortifications, auquel on peut bien s'en rapporter, m'a dit qu'au dernier Siège de Tournay, où il étoit, les ennemis jetterent plus de 45000 Bombes dans la Citadelle, dont le plus grand nombre tomba sur deux Magasins qui n'en furent point ébranlés, parce que les Voûtes étoient en plain ceintre, de même que celui de Landaw, au lieu que deux Souterrains voûtés en tiers-point furent enfoncés à la troisième ou quatrième Bombe, quoique couverts de 5 à 6 pieds de terre, depuis plus de 40. ans.

Si l'on joint à de pareilles expériences tout ce que la raison peut inspirer, on n'hésitera point de donner la préférence à la Voûte en plain ceintre, sur celle en tiers-point, & de se conformer au dessein de Mr. de Vauban: ceux qui ont été d'un sentiment opposé ne s'en sont pas mieux trouvés; mais il est nécessaire qu'il arrive des accidens qui fassent sentir la conséquence de ne point s'écarter des bonnes maximes pour ne suivre que le hasard ou le caprice: le droit de réformer ne s'acquiert point impunément, & il n'y a qu'une longue pratique accompagnée d'une certaine théorie, qui puisse en donner la possession.

PLANCH.
26.
FIG. 1.
& 2.

Les Magasins suivant le modele de Mr. le Maréchal de Vauban se font ordinairement de 10 toises de longueur dans œuvre sur 25 pieds de largeur.

Pour

64 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

Pour les fondemens des longs côtés on leur donne 9 ou 10 pieds d'épaisseur, & la profondeur se détermine selon la nature du fond sur lequel l'on veut bâtir: car je ne saurois croire que cette profondeur ait été réglée à 15 pieds, comme je l'ai vû sur un dessin signé de Mr. de Vauban, puisqu'il semble que 6 pieds sont plus que suffisans; mais il se peut que ce dessin ait été projeté pour être executé dans un endroit qui exigeoit qu'on en usât ainsi.

Sur ces fondemens on élève les piés-droits de 9 pieds d'épaisseur lorsque la Maçonnerie n'est pas des meilleures, & de 8 pieds seulement lorsqu'elle se trouve composée de bons matériaux: & ne faisant point de Grenier, il suffit de leur donner 8 pieds de hauteur au-dessus de la retraite; de sorte que quand le plancher du Magasin est élevé au-dessus du rez-de-Chaussée, autant qu'il est nécessaire pour le mettre à l'abry de l'humidité, il reste à peu-près 6 pieds depuis l'aire du plancher jusqu'à la naissance de la Voûte.

La Voûte se fait de 3 pieds d'épaisseur au milieu des reins & composée de quatre Voûtes de briques repetées l'une sur l'autre, l'extrados de la dernière terminée en pente, dont la direction se détermine en donnant 8 pieds d'épaisseur au-dessus de la clef, ce qui rend l'angle du faite un peu plus ouvert qu'un droit.

Les deux pignons se font chacun de 4 pieds d'épaisseur élevé jusqu'aux pentes du toit & même un peu au-dessus, comme cela se pratique à tous les Edifices. A l'égard des fondemens de ces pignons on leur donne 5 pieds d'épaisseur, & autant de profondeur que ceux des longs côtés.

Les piés-droits ou longs côtés se soutiennent par quatre contreforts de 6 pieds d'épaisseur & de 4 de longueur, espacés de 12 pieds les uns des autres.

Dans le milieu de l'intervalle d'un contrefort à l'autre, on pratique des évents pour donner de l'air aux Magasins, les dez de ces évents ont ordinairement un pied & demi en tout sens, & l'espace vuide pratiqué autour se fait de 3 pouces de largeur contourné de maniere qu'ils aboutissent au parement extérieur & intérieur en forme de creneaux. Ces dez servent à empêcher que des gens mal-intentionnés ne puissent jeter quelque feu d'artifice pour faire sauter le Magasin; & pour prévenir un semblable malheur, il est à propos de fermer encore les fentes des évents par plusieurs plaques de fer percées, parce qu'autrement on pourroit attacher à la queue d'un animal la machine qu'on voudroit y introduire, ce qui ne seroit pas difficile, puisqu'on a trouvé plusieurs fois, dans des Magasins, des coquilles d'œufs, & des volailles, que les Fouines y avoient portées.

Après

fig. p.^{re}

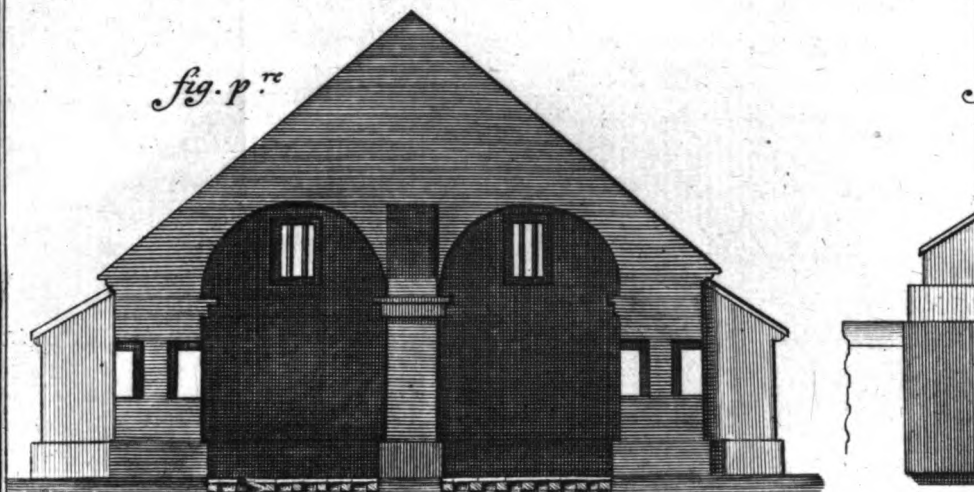
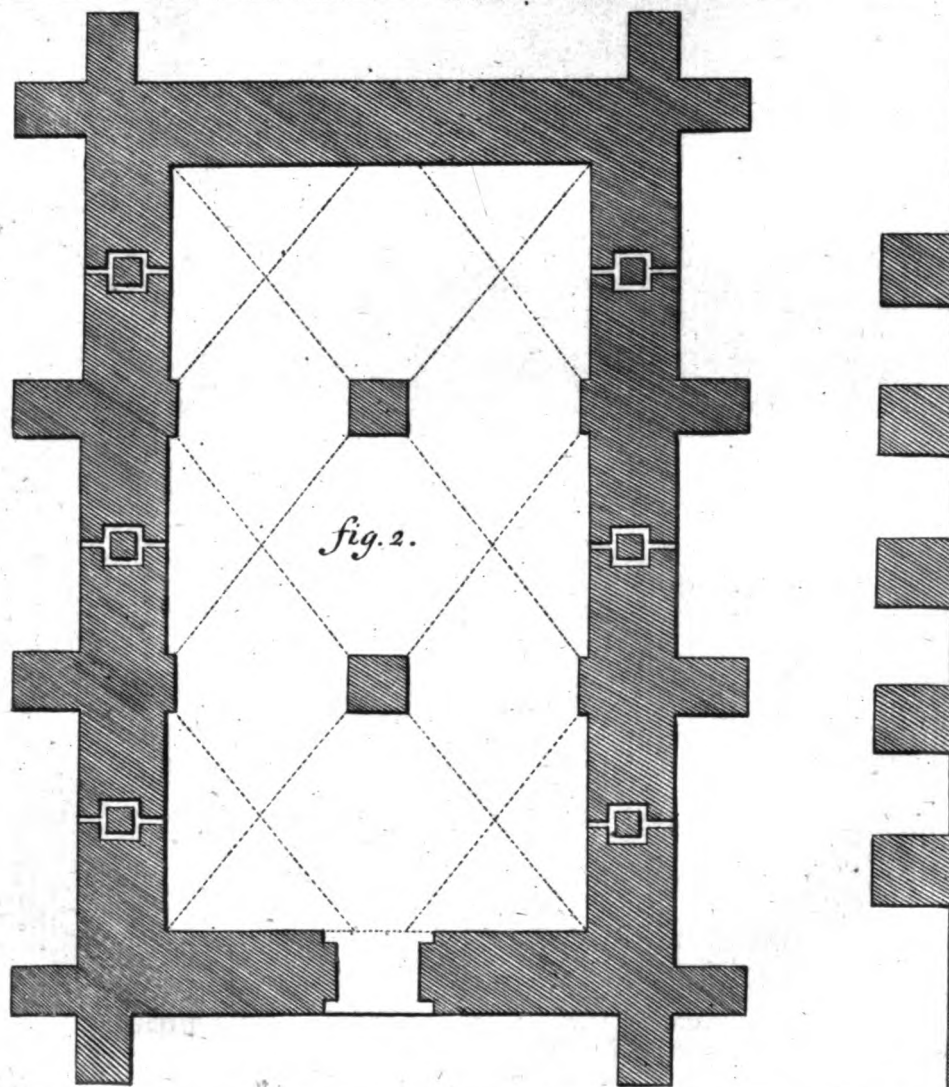


fig. 2.





Profil d'un Magasin à poudre

P

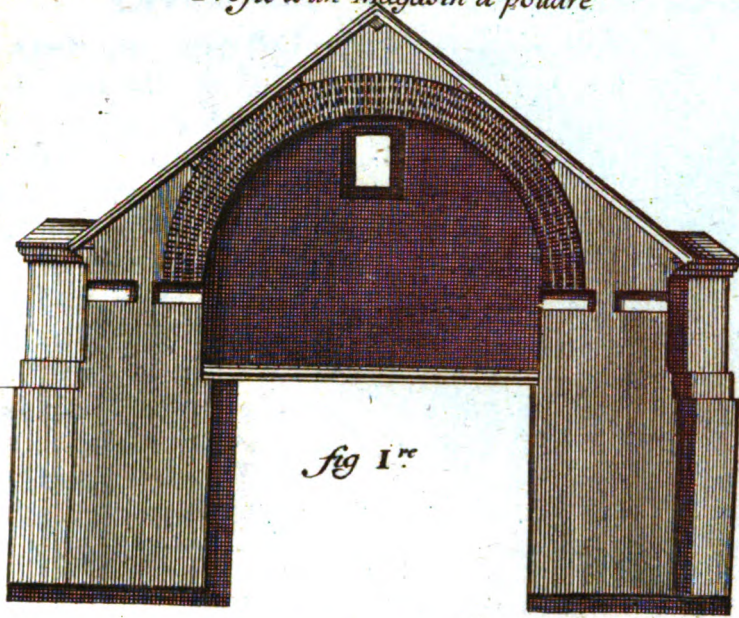


fig 1^{re}

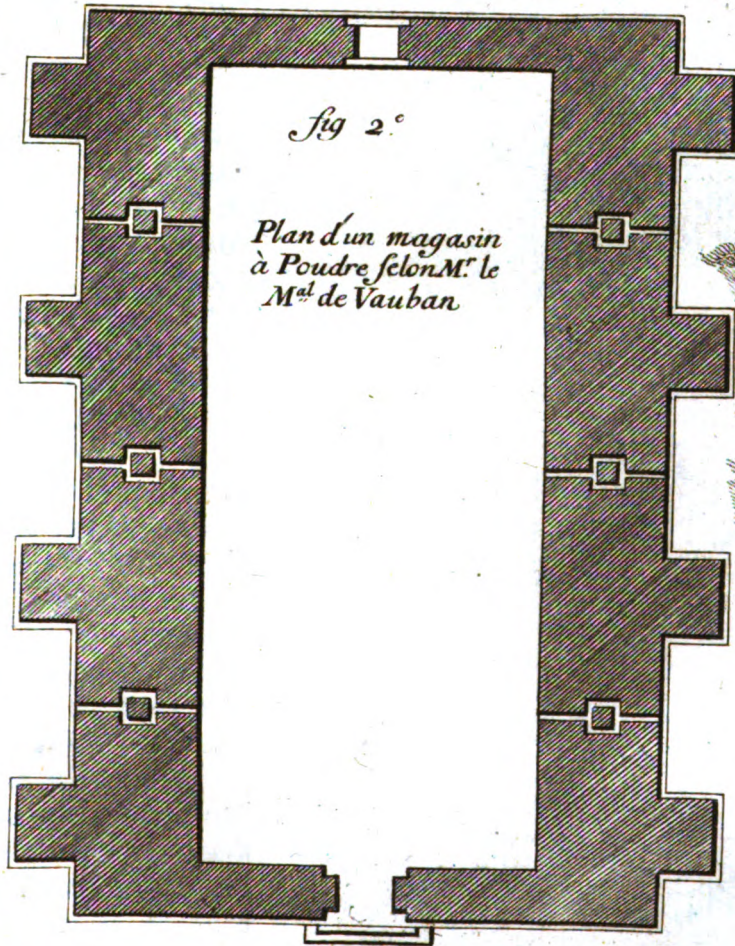
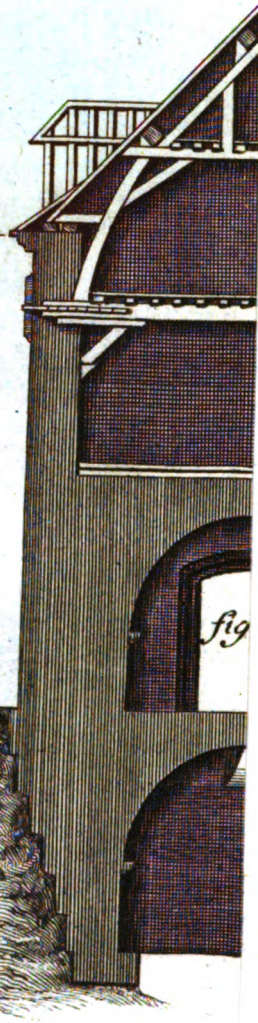


fig 2^e

*Plan d'un magasin
à Poudre selon M^r le
M^{at} de Vauban*

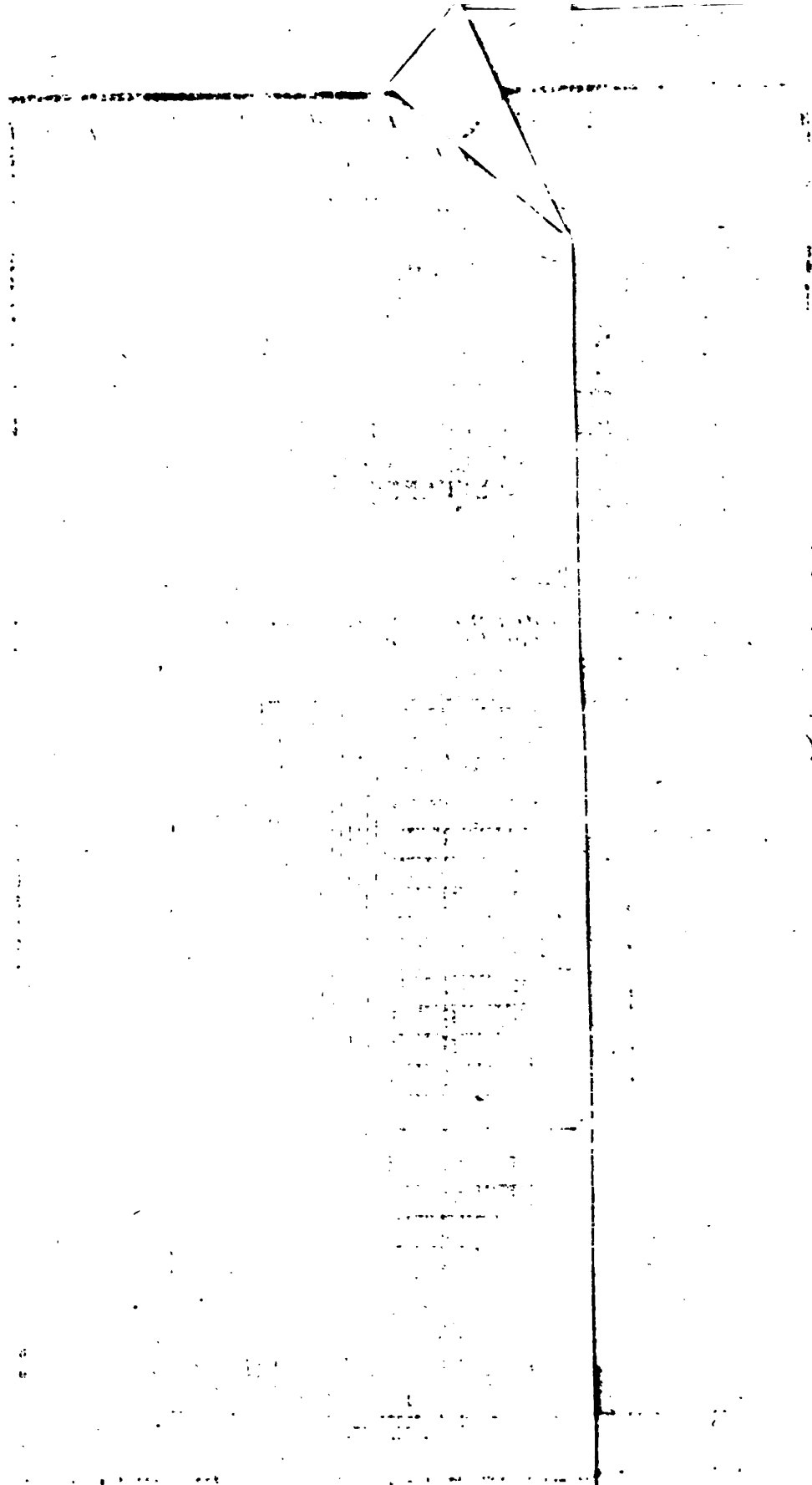


fig



fig

Soute



Après que l'aire du Magasin est bien arrasée, on y fait un couchis de lambourdes de bois de chêne de 8 à 9 pouces de gosseur, espacés à un pied & demi les unes des autres, dont l'intervalle se remplit de charbon ou de recoupes de pierres, puis on recouvre le tout de deux planchers de madriers de 2. pouces d'épaisseur chacun posés l'un sur l'autre.

Pour éclairer le Magasin, on fait une fenêtre dans chaque pignon que l'on ferme avec deux ventaoux de madriers de deux ou trois pouces d'épaisseur, dont l'un est en dehors & l'autre en dedans. Celui de dehors est couvert de taule, & se ferme aussi-bien que l'autre avec deux bons verroux: ces fenêtres se font fort élevées, crainte des accidens; on les ouvre avec le secours d'une échelle, pour donner de l'air au Magasin pendant les beaux jours.

On ferme aussi les Magasins par deux portes de bons madriers qui s'ouvrent en dehors & en dedans: celle de dehors est recouverte de taule, & n'a qu'une serrure: celle de dedans en a deux qui ont chacune leur clef différente; le Gouverneur ou le Commandant de la Place en a une, le Lieutenant d'Artillerie l'autre; & le Garde-Magasin celle de la première porte: il est à propos, autant qu'on le peut, que l'entrée regarde le midi, ou au moins le levant, afin que le Magasin soit orienté avantageusement, pour être éclairé du soleil quand on veut lui donner de l'air.

Pour empêcher qu'on n'approche des Magasins, on fait à 12 pieds de distance un mur de cloture, d'un pied & demi d'épaisseur & de 9 ou 10 de hauteur.

Un Magasin, tel que celui-ci, peut contenir 94800 liv. de poudre, engerbés de 3 barils seulement, car lors qu'il y en a 4 ou 5, les premiers se trouvant trop chargés, les cercles & les douves se desunissent, & la poudre tamise, ce qui peut être sujet à de grands accidens.

Les Dimensions précédentes paroissent si bien réglées, que je ne crois pas qu'on puisse en suivre de meilleures: car l'on est sûr, que la Voûte est absolument à l'épreuve de la bombe, & que l'épaisseur des longs côtés est parfaitement bien déterminée, en la faisant de 8 pieds; car ayant cherché de combien elle devoit être, pour soutenir en équilibre la poussée de la Voûte, j'ai trouvé 7 pieds & environ 8 pouces: voilà une occasion où la pratique semble avoir prevenu la theorie, & l'on voit bien que Mr. de Vauban n'a pas eu recours à la regle des Architectes, dont j'ai fait mention au commencement du second Livre; & ce qui me ravit d'admiration encore une fois, c'est que dans presque tous les cas

essentiels, où j'ai fait un parallèle de ses maximes, avec les loix de la mécanique, j'ai remarqué que l'un & l'autre étoient presque toujours d'accord. Un succès si heureux doit être attribué, (comme je l'ai ouï dire à Mr. le Comte de Vauban son neveu) aux connoissances qu'il tiroit de l'examen des anciens Edifices, & au plaisir qu'il prenoit de se communiquer souvent avec les plus habiles Geometres, & même avec les ouvriers, dès qu'il leur apercevoit quelque mérite: il proposoit des problèmes aux uns, & des difficultés aux autres, souvent après les avoir résolus lui-même; sa grande capacité lui faisoit développer les ressorts de la theorie la plus abstraite, il suffisoit qu'on s'énonçât clairement, & qu'on le conduisît sur les voyes, pour arriver souvent le premier au dernier terme de la solution.

Les choses qui paroissent les plus parfaites, n'étant point exemptes de quelques petites corrections, je voudrois pour plus de solidité changer la disposition des contreforts du Magasin de Mr. de Vauban: par exemple, au lieu de les faire de 6 pieds d'épaisseur & de 4 de longueur, leur donner 6 pieds de queue & 4 d'épaisseur, parce qu'alors le bras de levier devenant plus long, la puissance résistante soutiendrait beaucoup mieux la poussée de la Voûte; & comme on ne sauroit avoir un trop grand nombre de points d'appui, il seroit à propos, au lieu de quatre contreforts, d'en faire cinq de chaque côté, & en ce cas il suffiroit de donner 6 pieds ou 6 & demi d'épaisseur aux pieds droits, puisque ces contreforts étant ainsi distribués, ils causeroient une résistance d'environ un tiers au-dessus de celle qu'il faudroit, pour soutenir l'effort de la Voûte.

Les piés-droits & les contreforts n'ayant que peu d'élevation, & bien liés avec leurs fondemens, on peut regarder les points d'appuis placés sous l'extrémité des fondemens de la queue des contreforts, & non pas au rez-de-Chaussée comme nous l'avons supposé dans le deuxième Livre: c'est pourquoi, afin d'allonger encore plus le bras de levier, je voudrois qu'on donnât beaucoup d'empatement aux fondemens, les faisant déborder de 2 pieds ou 2 & demi, au-delà du nud du mur, ramené au rez-de-Chaussée par plusieurs retraites, comme on le voit par le cinquième dessein de la 27 Planche, où l'on remarquera que, pour assurer les points d'appuis, on les a établis sur deux rangs de madriers; on ne feroit pas mal d'en mettre aussi sous les fondemens des longs côtés, afin de prevenir l'inégalité des affaissemens: cette construction seroit excellente, surtout dans un mauvais terrain, parce qu'il suffiroit de s'y approfondir de 5 à 6 pieds; & je puis bien assurer que la dépense ne seroit pas si

PLANCH.
27.
FIG. 5.

si considerable à beaucoup près, que si l'on donnoit 8 à 9 pieds d'épaisseur aux longs côtés comme à l'ordinaire.

La principale cause, qui rend les planchers des Magasins fort humides, & qui fait qu'ils se pourrissent au bout d'un certain tems, c'est que l'on a coûtume de poser les lambourdes sur la terre, & de remplir leur intervalle de recoupes de pierre, ou de charbon; ainsi, l'air ne pouvant circuler par le dessous du plancher, les madriers se pourrissent: or, pour prévenir cet inconvenient, je voudrois que l'on fit la dernière retraite intérieure des fondemens d'environ un pied plus élevé que le rez-de-Chaussée du pourtour extérieur du Magasin, & qu'on lui donnât 5 ou 6 pouces de largeur, & traverser ensuite toute la longueur du Magasin, par trois de Maçonnerie, également espacés les uns des autres, leur donnant un pied de hauteur sur autant d'épaisseur, fondés sur 3 ou 4 rangs de briques posées à plat.

Après que cette Maçonnerie sera bien arrafée à la hauteur de la retraite intérieure, & qu'elle aura eu le tems de sécher, il faut la traverser par des lambourdes, qui iront se terminer sur les retraites des longs côtés, observant de les placer à 2 pieds de distance, de milieu en milieu; &, pour que la Maçonnerie ne les endommage pas, il est bon mettre entre deux des coussinets ou bouts de madriers, d'un pouce & demi ou deux pouces d'épaisseur.

Toutes les lambourdes étant bien arrafées, on posera le premier & le second plancher comme à l'ordinaire, bien chevillé; & comme l'entrevoux des poutrelles, aussi bien que l'intervalle des dezes, sur lesquelles elles seront posées, ne sera rempli par aucune matière, il faudra, afin que l'air puisse y circuler, & rafraichisse le dessous du plancher, pratiquer dans le plancher même, le long de chaque pignon, des trous ou évents d'un pied en quarré, en sorte qu'il s'en trouve deux, aux extrémités de chaque espace vuide qui y regne.

Pour avoir une parfaite intelligence de ce que je viens de dire, il suffira de considérer avec un peu d'attention le plan & le profil représenté par la 5^e. & la 6^e. Figure de la Planche 27, où l'on verra que le plancher du Magasin est partagé en deux parties: l'une fait voir la disposition des dezes de Maçonnerie, & des lambourdes, & l'autre en quel sens ces lambourdes sont reconvertes par les madriers; ainsi, je ne m'y arrêterai pas davantage.

En composant ce Chapitre, j'ai cherché à résoudre une difficulté qui s'est présentée plusieurs fois à mon esprit; savoir comment il falloit déterminer l'épaisseur des Voûtes des Magasins, celle des

PLANCH.
27.
FIG. 5.
& 6.

Souterrains, & de tous autres édifices militaires, selon leur différente grandeur, pour qu'elle résiste également au choc des Bombes : il est vrai que nous sommes prévenus, qu'une Voûte en plain ceintre, de 25 pieds de largeur & de 3 pieds d'épaisseur dans le milieu des reins, est parfaitement à l'épreuve ; mais, nous ignorons quelle dimension il faut donner à celle qui auroit plus ou moins de largeur, car il n'y a point de doute, qu'il ne faille régler l'épaisseur à proportion, & c'est ce que l'on pourra faire en suivant la règle que voici.

Voulant construire un Magasin de 36 pieds de largeur, couvert par une Voûte en plain ceintre ; on demande quelle épaisseur il faut lui donner dans le milieu des reins, pour qu'elle soit à l'épreuve : il faut dire, *si le diamètre de 25 pieds donne 9 pour le carré de l'épaisseur de la Voûte qui est à l'épreuve, qui donnera 36 pieds diamètre d'une autre Voûte, pour le carré de son épaisseur, afin qu'elle soit aussi à l'épreuve* ; on trouvera environ 13 pieds, dont la racine carrée, qui est 3 pieds 7 pouces 2 lignes, fera au juste l'épaisseur que l'on demande, & ainsi des autres.

Si l'on fait attention, que le principe que nous avons insinué, au sujet de la résistance des bois, dans le deuxième Chapitre de ce quatrième Livre, peut s'appliquer à celle des Voûtes, on apercevra sans peine la démonstration de cette règle ; c'est pourquoi je ne m'y arrêterai pas, pour ne point faire une trop longue digression : je dirai seulement, qu'on pourra trouver de la même manière la longueur des voussoirs pour les arches des Ponts, de telle grandeur que l'on voudra, comme j'en ferai mention dans le second volume.

Quand on construit des Magasins sur des lieux élevés, & qu'on peut pratiquer au-dessous de leur rez-de-Chaussée des Souterrains pour renfermer des munitions de guerre ou de bouche, on leur donne la disposition que l'on voit représentée par le 3^e & le 4^e dessin de la 26^e. Planche, où l'on observera que le Souterrain est couvert par plusieurs Voûtes d'arrête, pour éviter l'élévation qu'il auroit fallu lui donner, si on avoit voulu le faire autrement ; on remarquera aussi que les contreforts se trouvent placés vis-à-vis les piliers, qui soutiennent les Voûtes dans le milieu des souterrains, parce qu'ainsi ils buttent toute l'action de la poussée, qui dans ces sortes de Voûtes aboutit au point où se rencontrent les arrêtes ou diagonales : comme ces Voûtes sont garanties du principal effort de la bombe, par celle qui couvre le Magasin qui est au-dessus, il suffit de leur donner deux pieds d'épaisseur, à l'endroit de la clef pour être parfaitement à l'épreuve.

L'on descend dans le souterrain par un escalier que l'on voit marqué

PLANCH.
26.
FIG. 3.
& 4.

marqué sur le plan, & c'est dans le pignon qui répond à la rampe que l'on pratique un évent ou petite fenêtre, pour lui donner de l'air: l'on pourroit même faire des soupiraux entre les contreforts, pour le rendre moins humide; mais il faudroit qu'ils fussent tournez de façon à ne causer aucun préjudice.

Comme l'étage du rez-de-Chaussée n'est autre chose qu'un Magasin ordinaire, qui ne comprend rien de particulier, je ne m'y arrêterai pas, non plus qu'aux dimensions qu'il convient de donner aux piés-droits, en ayant assez dit sur ce sujet dans le second Livre.

Dans plusieurs de nos Places, on voit des Edifices executés comme le précédent; il s'en trouve même de plus considérables, comme on en peut juger par le profil représenté par la 3^e. Figure de la 27^e. Planche, qui appartient à un Arsenal composé de quatre étages: le premier est un souterrain couvert par deux Voûtes en plain ceintre, qui s'appuyent mutuellement sur le mur de refend, qui partage le souterrain en deux, dans toute sa longueur: on y a percé des portes de distance en distance, pour passer d'un souterrain à l'autre, ce que je n'ai pu exprimer sur le plan, n'en ayant rapporté qu'un bout représenté par la 4^e. Figure, à cause qu'il auroit fallu trop d'espace pour le faire voir tout entier; mais un pareil plan est si simple, qu'on s'imaginera aisément de quoi il est question: d'ailleurs, la longueur est en quelque façon indéterminée, puisqu'elle dépend de la place où l'on voudroit construire un édifice comme celui-là, de la dépense qu'on y veut faire, ou du besoin de l'avoir plus ou moins étendu; j'ajouterai seulement, qu'il convient de descendre dans ces sortes de souterrains par une rampe large & commode, ainsi qu'on le fait aux écuries qui sont pratiquées dans les caves, plutôt que par un escalier, afin de pouvoir manœuvrer plus aisément, quand il s'agit d'y introduire des munitions de guerre ou de bouche.

PLANCHE
27.
FIG. 3.

Ce souterrain étant supposé creusé dans le roc, on a pris occasion de montrer comme en pareil cas on peut se dispenser de faire les murs aussi épais en bas qu'en haut, en les appuyant contre le roc qui doit faire partie de l'épaisseur qu'il auroit fallu donner dans tout autre terrain, puisqu'il suffit de le couper par ressaut, & de suivre ce qui a été enseigné dans le 3^e. Livre, en faisant mention des fondemens établis dans ce goût-là.

Le second étage, qui est celui du rez-de-Chaussée, est à peu près semblable au précédent, étant aussi voûté en plain ceintre à l'épreuve de la Bombe; ce qui peut être d'un grand avantage dans les petites forteresses escarpées, & qui sont plus sujettes à être inquiétées des Bombes que du Canon.

Le troisiéme étage peut servir pour les farines ou des munitions de guerre, & le 4^e. de Salle d'Armes; je crois même que l'Arsenal de Charlemont a été bâti à peu près selon le deffein que je viens d'expliquer: puisque nous en sommes sur les Arsenaux, il est à propos de traiter ce sujet un peu plus amplement, par rapport à la consequence des Places où on les construit, & à plusieurs circonstances qu'il est necessaire de détailler.

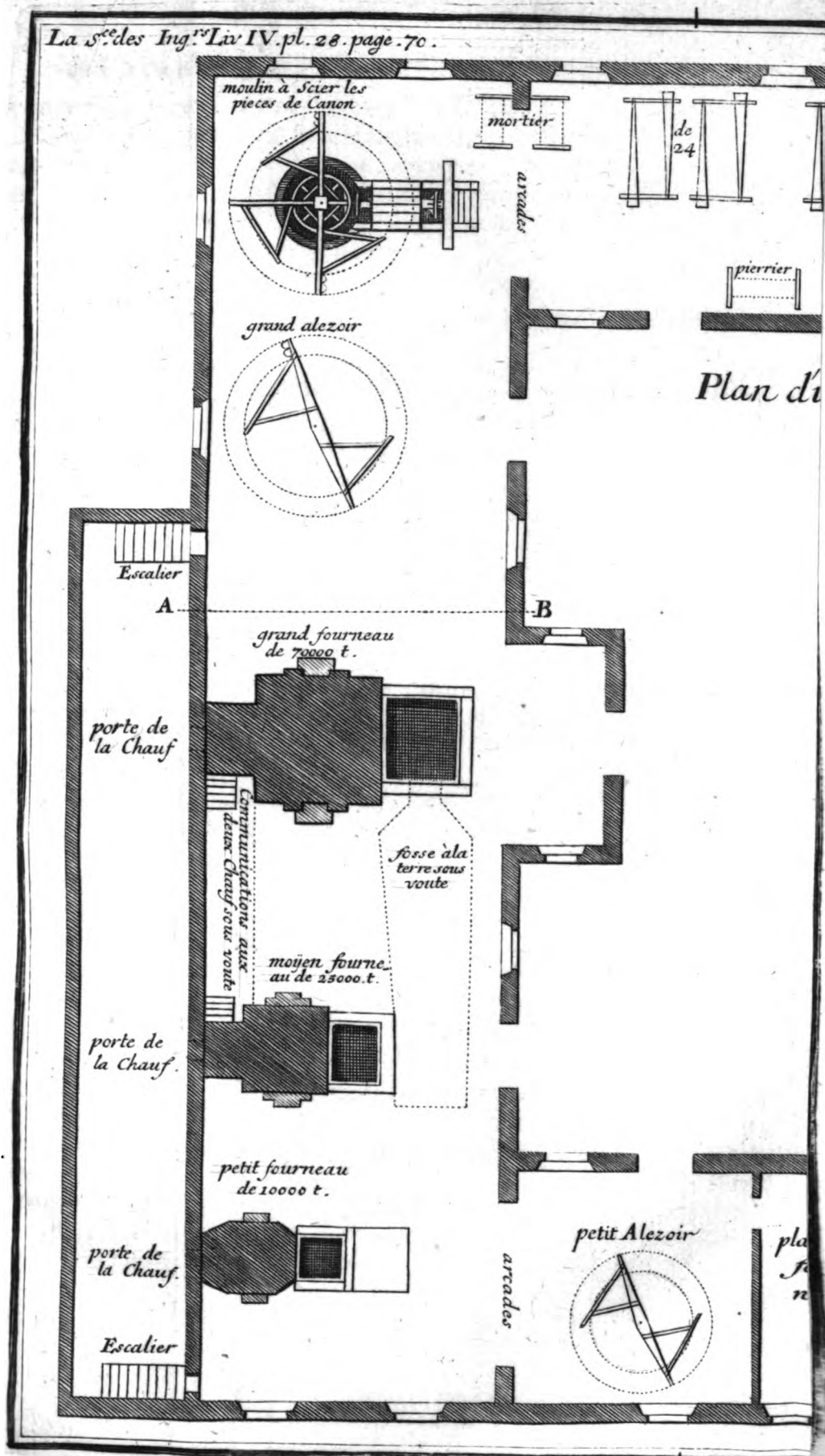
Il n'y a pas de Place de Guerre où il ne faille un Arsenal: sa grandeur & sa distribution doivent être assujetties à la consequence du lieu, & aux travaux qu'on pourra y faire; par exemple, aux Citadelles & autres petites forteresses, il suffit d'en avoir un d'une grandeur mediocre, pour contenir les munitions destinées à la défense, au lieu que dans une Ville frontiere considerable, il en faut un grand pour y former des équipages de campagne, qui comprennent tous les endroits necessaires à executer les ouvrages propres à l'artillerie.

Il faut qu'un Arsenal de consequence soit bâti, si cela se peut, dans le voisinage d'une riviere capable de porter batteaux, & qu'un bras de cette riviere reponde à un bassin dans l'enceinte de l'Arsenal même pour y charger trois ou quatre batteaux à la fois, de maniere que les habitans ne puissent être instruits de la quantité des munitions dont le convoi est composé, non plus que de leurs qualités.

Le corps propre de l'Arsenal, servant à garder les principales munitions, doit être construit dans l'étendue d'une grande cour, entourée de bâtimens: ce corps doit avoir aussi sa cour particuliere, environnée de couverts, séparés par autant de cloisons qu'il sera necessaire, pour les différentes especes de munitions; par exemple, s'il y a une fonderie dans la Place, on prendra une salle pour les metaux, une autre pour le fer, une pour le charbon, une autre pour les plombs, grenades, petits boulets, cartouches, pierres à fusil, & autres munitions pesantes: on reservera un espace près de l'une des portes, pour la balance, où on mettra des rateliers pour les armes, des pièces dont on peut avoir besoin, quelque cordage, outils dont l'usage est frequent; & il est bon que les metaux, fer & charbon, ne soient pas éloignés de cette balance.

Le premier étage du grand corps de l'Arsenal doit avoir son plancher voûté sur poutrelles, & servira pour les Salles d'Armes, dans lesquelles il seroit à propos d'avoir des armoires, pour enfermer plusieurs petites munitions sujettes à être prises.

Le second servira à mettre les armes des pièces de reserve, sacs à terre, mesures, cordages, leviers, coins de mire, chapiteaux, fusées à Bombes & à Grenades, marches d'outils, & quantité d'autres



tres choses, dont le poids n'est pas considerable.

Le grenier au-dessus pourra servir de décharge à ce qu'il y aura de trop dans l'étage au-dessous; on y placera les munitions legeres, comme les harnois des chevaux d'Artillerie, les hottes & paniers.

L'avant-Cour comprendra les logemens des Officiers d'Artillerie, aussi-bien que ceux des ouvriers: ces logemens doivent être de deux étages distribués suivant les commodités qu'on y pourra pratiquer, prenant garde qu'il n'y ait point de fenêtres qui donnent sur les ruës voisines de l'Arsenal; pour les couverts, il faut les distribuer de façon qu'on puisse y pratiquer des Forges, des Boutiques d'Armuriers, des Ateliers pour les Charpentiers & les Charrons, enfin pour tous les Charrois, parce qu'on suppose que dans l'étage du rez-de-Chaussée du grand Corps de l'Arsenal, on y mettra tous les bois.

Mais, pour avoir une idée des différentes choses qui conviennent à un Arsenal, il n'y a qu'à considerer celui du Mont-Royal, que j'ai rapporté sur la 31 planche, comme un des plus magnifiques de tous ceux qu'on a bâti dans les Places du Roy; c'est pourquoi j'ai mieux aimé le donner pour exemple, que d'en faire un selon mon idée, c'est-à-dire qui eut rapport à ce que je viens d'insinuer.

PLANCHE.
31.

Il se fait encore des Arsenaux composés d'une grande Cour, à l'entour de laquelle il y a des Arcades pour mettre à couvert tous les bois propres à l'Artillerie, les Affûts & les autres Charrois nécessaires au Canon, & au-dessus de ces Arcades sont les Salles d'Armes, & les autres où l'on renferme les munitions; & tel est, par exemple, l'Arsenal de la Ferre.

Il me reste, pour finir ce Chapitre, de faire mention des Fonderies pour le Canon, dont je ne donnerai qu'une idée seulement, parce que je me propose d'en parler avec plus de détail dans un Ouvrage qui regardera particulièrement l'Artillerie; ainsi, il suffira de jeter les yeux sur la 28 planche, pour y avoir marqué tous les lieux nécessaires à une Fonderie. Celle que je raporte a été projetée pour la Fere, mais elle n'a pas eu lieu, à cause des obstacles qu'on a rencontré de la part du terrain: car, ce qu'il y a de plus considerable dans un pareil Edifice, ce sont les Fourneaux & les Fosses dans lesquelles on coule la Fonte pour la Fabrique du Canon; & comme il faut que les Fosses soient d'une certaine profondeur, on a trouvé que la Fere étoit un lieu trop aquatique: cela n'empêche pas que ce projet ne soit parfaitement bien entendu, & ne puisse être quelque jour executé ailleurs.

PLANCHE.
28.

C H A-

CHAPITRE DIXIEME.

Des Cazernes, de l'Hôpital, de la Prison, & Maisons de Bourgeois.

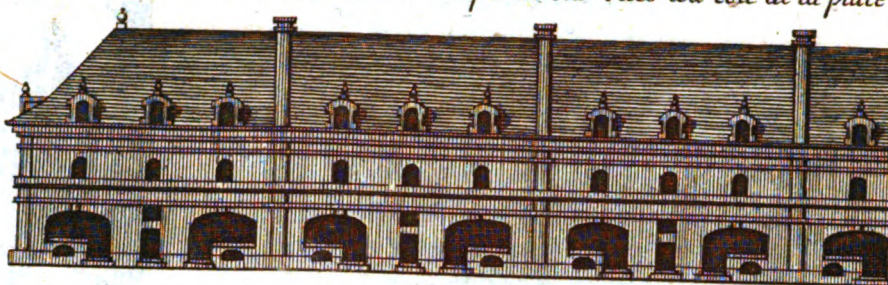
POUR maintenir l'ordre & la discipline dans la Garnison des Places, on y fait des Cazernes pour loger les Troupes ; & on s'en est si bien trouvé, qu'il y a peu d'endroits où l'on n'en ait construit : en effet, l'expérience fait voir que les Garnisons qui sont cazernées sont beaucoup plus tranquilles, à cause de la commodité que les bas Officiers ont de faire l'appel tous les soirs, ce qui ne peut se pratiquer exactement quand le Soldat est dispersé chez les Bourgeois où il a la liberté de sortir à toute heure de la nuit. Un autre inconvenient, c'est qu'un Gouverneur, ou un Commandant de Place, ne peut en tems de Guerre faire sortir un Corps de Troupes, ou le moindre Parti, sans que toute Ville n'en soit informée. S'il arrive quelque allarme, on n'assemble la Garnison qu'avec beaucoup de peine & de tems, au lieu que dans les Cazernes on fait faire sur le champ toutes les dispositions que le Service du Roy peut demander.

Les Cazernes se construisent de plusieurs façons, selon la situation de l'endroit qui leur est destiné. Quand on a un espace assez étendu pour faire une grande Cour entourée de Bâtimens, elles sont fort commodes, parce qu'elles se ferment d'elles-mêmes, & que les chambres étant plus ramassées, on peut en moins de tems faire exécuter les ordres que le Gouverneur ou le Commandant de la Troupe juge à propos de donner.

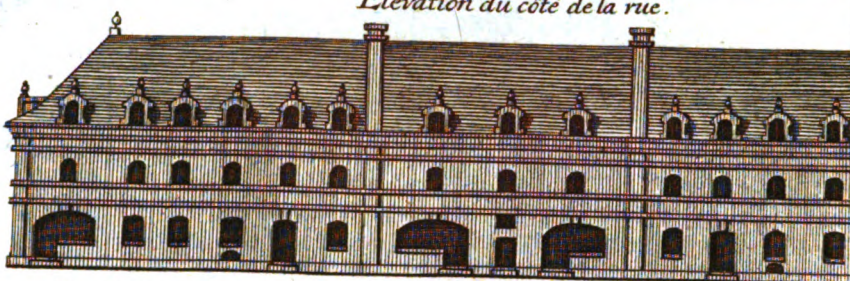
Cette disposition de Cazernes convient sur-tout à la Cavalerie, parce qu'elle a besoin d'une Cour pour le service journalier des Chevaux ; alors on fait les Chambres au-dessus des Écuries & un Corridor pour communiquer de l'une à l'autre, qui regne tout au tour du quartier ; ou bien, sans faire de Corridor, l'on pratique des Escaliers de distance en distance : mais, ils occupent beaucoup de place mal-à-propos ; au lieu qu'ayant un Corridor, deux ou trois Escaliers suffisent : il est vrai qu'il rend les Chambres du premier étage un peu obscures, comme on le remarque aux quartiers de Cavalerie qui sont dans la plupart des Villes de Flandres ; mais, on peut remédier à cet inconvenient, en faisant le Bâtiment moins écrasé que ceux dont je parle.

Quand

Elevation du meme Canton de cinq maisons vues du côté de la place.

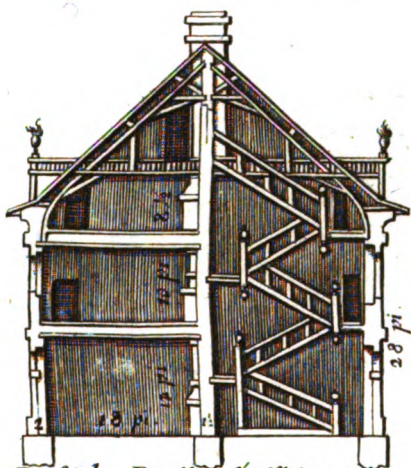


Elevation du côté de la rue.

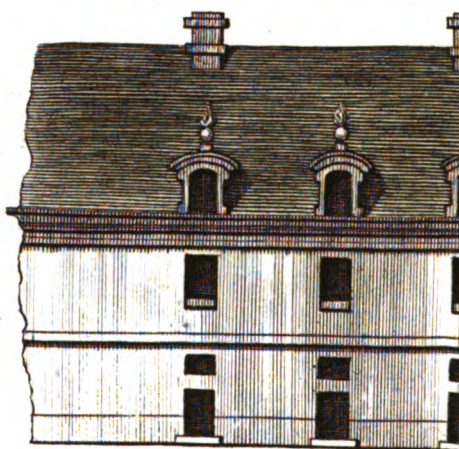


Profil des Cazernes.

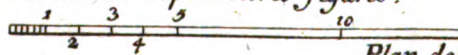
Plan Profil et Elevation de deux



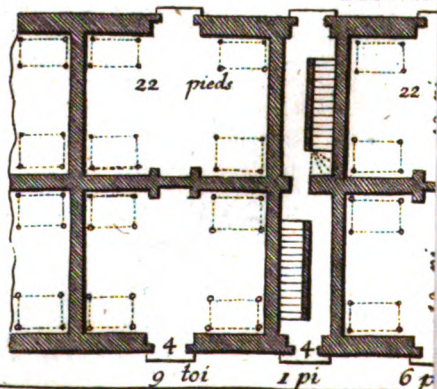
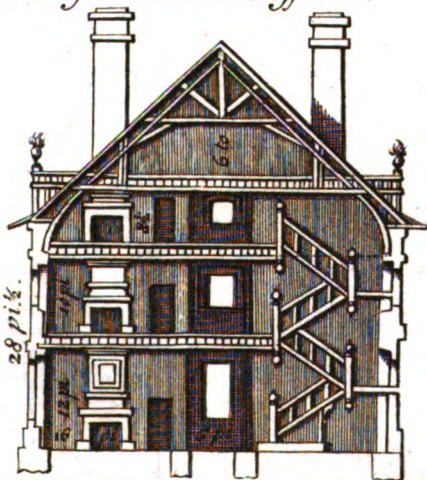
Profil du Pavillon d'Officiers.



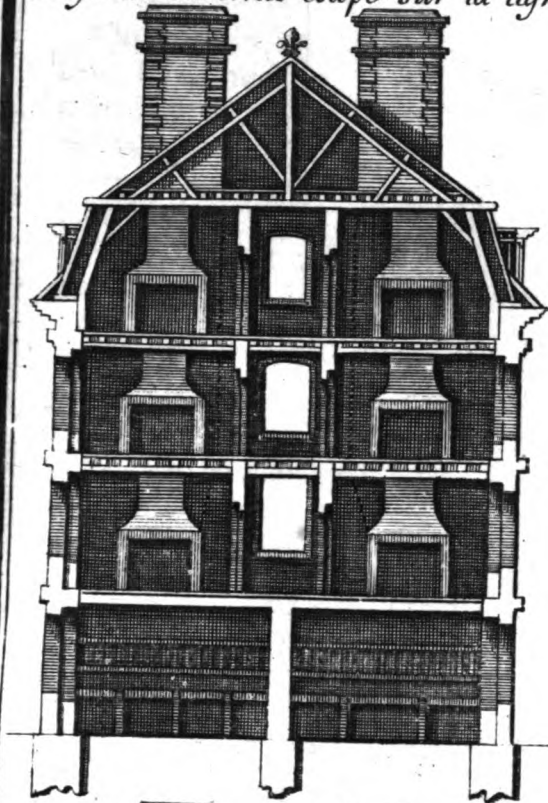
Echelle des 3. premieres figures.



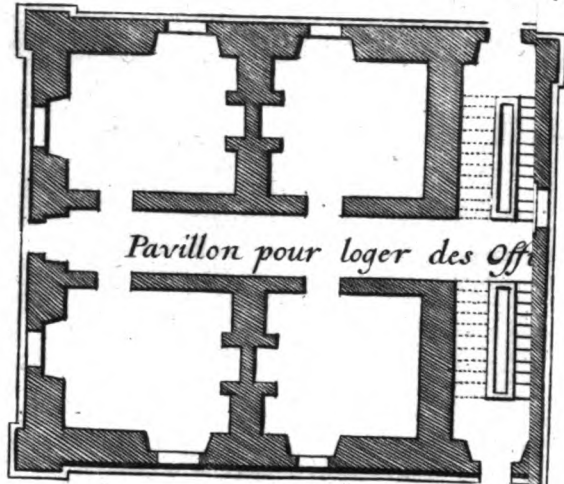
Plan de



Profil des Casernes coupé sur la ligne A B.



Plan d'un Pavillon et d'un cor

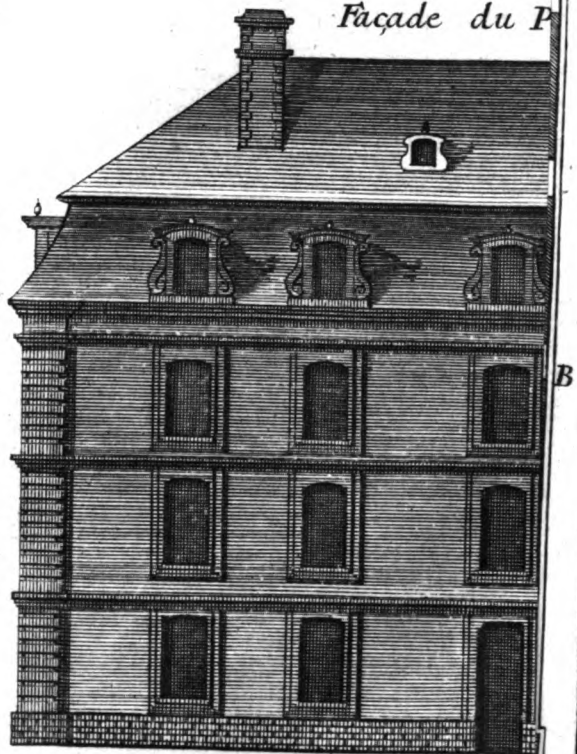


Pavillon pour loger des Off

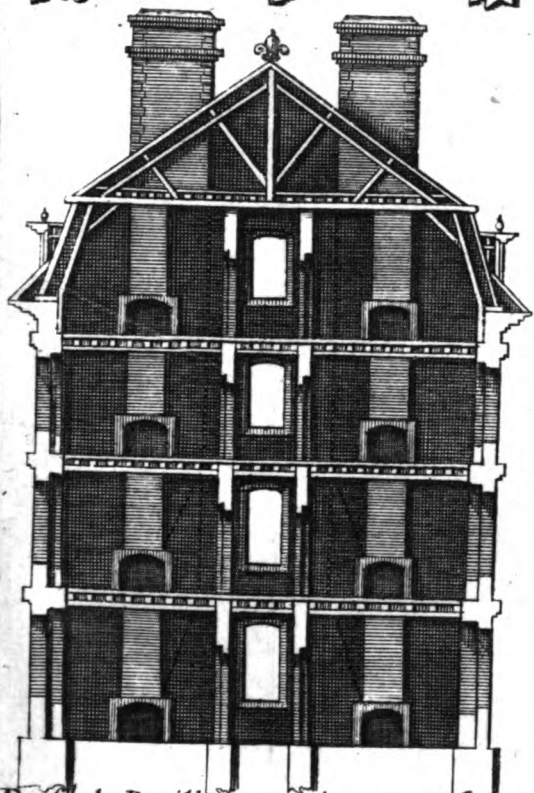
Echelle pour tous les desseins



Facade du P



Profil du Pavillon coupé sur la ligne C D.



Quand les Cazernes se bâtissent le long du rempart vers les courtines (comme Mr. de Vauban l'a pratiqué en beaucoup d'endroits) elles sont composées d'un grand corps de Bâtiment pour loger les Soldats, aux extrémités duquel il y a des Pavillons pour les Officiers: ces logemens sont presque toujours à deux ou trois Etages, sans y comprendre le rez-de-Chaussée.

Dans chaque corps de Cazerne double, l'on fait quatre Chambres à chaque étage, dont deux repondront à l'Escalier qui est de leur côté, & les deux autres aux leurs: chaque Chambre doit avoir 22 pieds de long dans œuvre sur 18 de profondeur pour placer 4 lits; celles du rez-de-Chaussée doivent être élevées de 12 pieds, celles du premier étage de 10, & celles en galetas de 8, leurs portes larges de 3 pieds sur 6 de hauteur, & les murs de face deux pieds d'épaisseur au moins, avec un cordon à l'endroit du premier Plancher & une tablette ornée de moulure pour servir de couronnement au-dessus du second plancher de la manière qu'on le voit marqué sur la Planche 29. qu'il ne faut qu'apercevoir pour entendre les desseins qu'elle représente.

PLANCH.
29.

Quand on veut faire les Planchers des Cazernes voûtés sur poutrelles, on taille ces poutrelles à cinq pans de 12 pouces de face chacune, & espacées de 18 à 20 pouces les unes des autres: elles doivent être posées sur des Sablières de 4 à 8 pouces d'épaisseur encastrées dans les gros murs où elles doivent entrer d'environ 12 à 15 pouces; on les revêt d'un petit madrier de chêne ou de sapin de 2 à 3 pouces d'épaisseur, posées en mortier de terre grasse pour empêcher que la Chaux ne consomme le bois.

L'entrevoux de ces poutrelles se voûte de Briques mises de cant en bonne liaison & en mortier de Chaux & Sable: on pose en mortier de terre grasse le premier rang de briques qui touche le flanc de ces poutrelles; on arrase bien le dessus de la Voûte, & on recire seulement les joints sans y faire aucun enduit, après quoi sur l'étendu de chaque Chambre on fait un pavé de Briques posées de plat à mortier fin.

On ne voûte plus guère sur poutrelles, parce que cela charge trop le bâtiment, on aime mieux faire les Planchers comme à l'ordinaire, en ce cas on se sert de poutres proprement équarries à vive arête de même que les solives qui doivent être de bois de brin de 5 à 7 pouces de gros posés sur leur fort & espacés à un pied de distance les uns des autres de milieu en milieu. Si on ne fait point un plancher double, on recouvre les soliveaux de planches seiches d'un pouce & demi d'épaisseur, assemblées à languettes &

Livre IV.

K

rai-

74 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

rainure, blanchies des deux côtés, & clouées chacune de trois cloux à l'endroit de toutes les solives, dont l'un fera mis au milieu de la planche, & les deux autres à 2 pouces près des joints; observant que ces planches soient posées de manière que leur extrémité ne se rencontre point de suite sur une même solive, & que le tout soit bien mis de niveau, non-seulement avec le seuil des portes, mais en tout autre sens & proprement exécuté.

On pourra aussi faire des rainures dans le flanc de chaque solive pour y couler ensuite des bossés ou petits racineaux que l'on enveloppe de terre pétrie & préparée avec de la paille, qu'on ferrera à mesure les uns contre les autres, ce qui formera un plat-fond plus fourd & plus sûr contre les accidens du feu; on le crépira & blanchira ensuite par-dessous, & le dessus sera recouvert de planches, de carreaux, ou de briques.

Les Cheminées doivent avoir 5 pieds de largeur sur 4 de hauteur, & leurs tuyaux 3 pieds sur 8 pouces: quant à leur hauteur, il faut qu'elle surmonte le faite du comble de 3 ou 4 pieds, pour éviter la fumée. Quoiqu'il soit d'usage de ne point faire de cheminées sans jambage, cependant comme l'expérience fait voir la facilité avec laquelle elles se détruisent tous les jours, il vaut mieux soutenir leur manteau par de doubles consoles de pierres de taille sans piédroits.

Les portes seront suspendues avec des gonds qui auront été placés en bâtissant, & la queue de ces gonds sera gravée dans le dessus des pierres de taille où elle devra être mise. Les gonds à repos & les pivots de ceux des portes auront 15 lignes de diamètre, ceux des fenêtres 7 à 8, & seront tous parfaitement ronds & à plomb sur leur queue, les œils de pantures seront également ronds & précisément de la grandeur convenable.

La cage de l'Escalier doit être de 7 à 8 pieds de largeur partagée en deux par un mur de chifre qui soutienne les rampes, les degrés se font d'un pied de giron sur 5 à 6 pouces de hauteur; & l'on fait deux pailliers, l'un au retour du milieu de la rampe & l'autre à chaque étage pour communiquer d'une Chambre à l'autre.

Supposant qu'en chaque Chambre il y ait quatre lits, on pourra y loger douze soldats, savoir huit dans la Chambre & quatre de garde; ainsi dans les quatre Chambres de plain-pied on y logera 48 hommes, & dans un corps qui compose les douze Chambres qui accompagnent les Escaliers, on pourra y en loger 144.

Le rez-de-Chaussée des Cazernes, dont nous parlons, est principalement destiné pour servir d'Ecurie, lorsque ces Cazernes seroient

roient occupées par la Cavalerie, c'est pourquoi on n'y a point percé de fenêtres, n'étant éclairées que par le jour qu'elles peuvent tirer du dessus des portes, ainsi qu'on le voit dans l'élevation, ce qui fait que ces chambres ne seroient pas fort commodes pour l'Infanterie; mais je n'ai rien voulu y changer, parce qu'on en va voir d'autres qui n'ont pas le même défaut.

Pour distribuer le logement des Officiers qui sont dans les Pavillons, il faut faire deux escaliers qui passent par le milieu, avec un corridor de 6 pieds de large, qui traverse de l'autre sens, en sorte que chaque étage d'un Pavillon se trouve divisé en quatre apartemens, qui doivent être composés d'une chambre pour deux Officiers, de 18 pieds de long sur 16 de large, & d'une cuisine ou garde-robe pour les valets, de 16 pieds de long sur 14 de large; & l'on fera en sorte de placer des Latrines au bout de chaque corridor, contre le mur des Cazernes.

PLANCH.
29.

Chaque appartement pourra être occupé par un Officier en tems de paix, & par deux ou davantage en tems de guerre, quand la Garnison est renforcée, de sorte que douze Officiers peuvent loger dans un Pavillon en tems de paix, & 24 en tems de guerre; mais pour fixer la quantité des logemens nécessaires pour la Garnison, dans le tems où elle fera la plus forte, on pourra suivre à peu près la maxime de Mr. de Vauban, qui est de supposer 500 hommes de pied par Bastion, ou autres ouvrages de la Place équivalens, & 200 chevaux, ce qui fait dix compagnies d'Infanterie, & quatre de Cavalerie, chaque compagnie d'Infanterie ayant trois Officiers, & celles de Cavalerie deux, on jugera par-là du nombre des Pavillons qu'il faudra pour leur logement, aussi-bien que de celui des quartiers de Cazernes pour les Soldats.

Les Cazernes, qu'on voit représentées sur la Planche 30, ont été faites à Bethune en 1728. & sont des plus belles que je connoisse: comme elles sont destinées pour la Cavalerie, on voit que le plan du rez-de-Chaussée comprend des écuries d'une fort belle grandeur, & bien éclairées chacune par deux croisées; ces écuries sont voûtées par des Voûtes surbaissées, au-dessus desquelles il y trois étages doubles pour les Cavaliers: attenant du même corps de Cazernes, est un Pavillon pour les Officiers, dont la distribution est suffisamment détaillée par les plans profils & elevations, pour en avoir une parfaite intelligence, sans qu'il soit besoin que je m'y arrête davantage: d'ailleurs, comme j'en raporte le devis dans le sixième Livre, tel qu'il m'a été donné par Mr. Dartezé, qui en a eu la conduite, étant alors Ingenieur en chef de cette Place, on pourra si l'on veut y avoir recours.

PLANCH.
30.

PLANCH.
31.

Un édifice encore fort nécessaire dans une Ville de Guerre est un Hôpital pour les malades de la Garnison, particulièrement pour les blessés en tems de siège : sa grandeur doit être réglée sur la quantité de malades que l'on aura dans la plus forte Garnison, & comme nous supposons une Ville neuve, on pourra en estimer le nombre sur ceux des Villes voisines, ce qui se fera encore sur l'expérience, qui montre que de 25 hommes ou environ, il y en a un de malade : cependant, il faut faire attention que dans les lieux aquatiques, les maladies sont plus générales que dans les endroits où l'air est pur, & sur-tout quand on fait des remuemens de terres considérables.

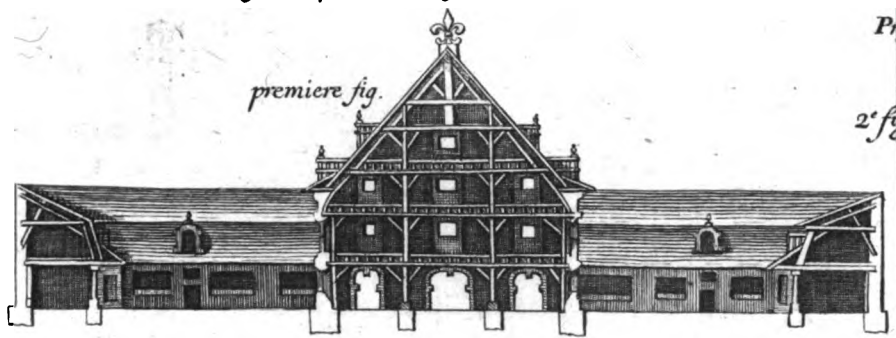
Prévenu de ceci, on saura à peu près le nombre de lits dont on pourra avoir besoin, & par conséquent la grandeur des bâtimens qu'il faudra faire, qui consistent dans les salles des malades, infirmeries, cuisines, pharmacie, celliers, blancheries, hangards pour mettre le bois, enfin tous les logemens nécessaires pour les Officiers de l'Hôpital : les salles des malades doivent être au rez-de-Chaussée & au premier étage ; on fera leur largeur de 42 pieds pour mettre deux rangs de lits de 6 pieds de chaque côté, & deux autres dans le milieu, avec deux allées de 9 pieds de large chacune : quant à la longueur des salles, on doit la régler par le nombre de lits, en comptant 4 pieds de largeur pour chacun, & autant pour la distance de l'un à l'autre : au bout de la salle du rez-de-Chaussée, on fait une Chapelle, qui doit être découverte de la salle d'en haut, par une tribune.

PLANCH.
31.

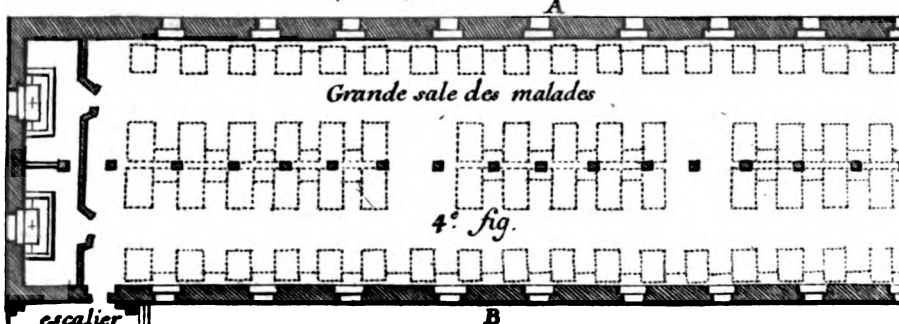
Quand il passe une rivière dans la Ville, il faut, autant qu'il est possible, faire en sorte de construire l'Hôpital dans son voisinage, ou au moins faire passer un ruisseau près de la cour ou du jardin, afin d'avoir l'eau en abondance ; mais, sans m'arrêter à tout ce qui peut convenir à un Hôpital, on n'a qu'à voir celui que je raporte sur la Planche 31^e. Si on se trouvoit dans le cas d'en faire construire un, on ne feroit pas mal d'en communiquer le projet au Chirurgien Major de la Place, afin que, de concert avec lui, on ne néglige rien d'essentiel.

Pour remplir le titre de ce Chapitre, il nous reste à parler de la Prison : on sait bien qu'il est assez rare d'en construire de neuves, à moins que ce ne soit dans des places nouvellement bâties, parce que dans les anciennes, il s'en trouve ordinairement dans les Reduits, Châteaux, ou Tours ; mais, si l'on étoit dans le cas d'en faire une, il faudroit qu'elle fût composée d'une cour entourée de bâtimens, en sorte que le logement du Geolier soit sur le devant,

Profil coupé sur la ligne C.F. de l'arsenal

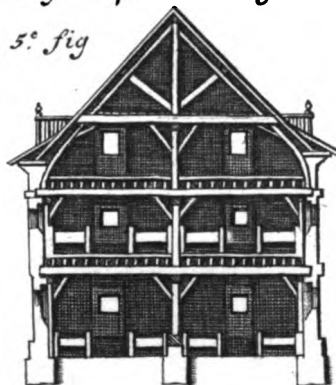


Plan d'un Hopital pour les soldats.



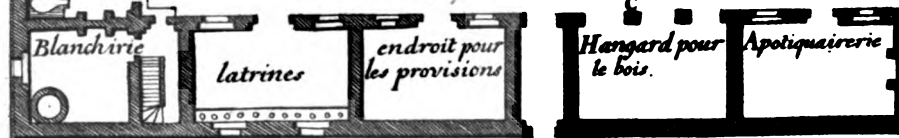
Profil coupé sur la ligne A.B

5^e fig

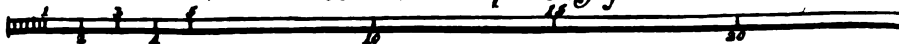


Cour

Cour



Echelle de la 4^e et 5^e figure.



& n'ait aucune communication avec les prisonniers: à droit de la cour on pourra faire les cachots au rez-de-Chaussée, & au-dessus les prisons qui seroient destinées à de simples châtimens, pour le Soldat & le commun du peuple, en sorte qu'elles ne tirent leur jour que du côté de la cour, ne devant point avoir de fenêtres sur la rue: à gauche on pourra faire deux ou trois petites chambres, pour loger les personnes qui meritoient quelque considération; & le fond sera occupé par d'autres prisons plus détachées du reste du bâtiment, pour resserrer les prisonniers qu'on voudroit empêcher d'avoir communication avec les gens du dehors, qui vont & viennent: au-dessus de ce bâtiment, on pourra faire la Chapelle, afin que tous les prisonniers soient plus à portée d'entendre la Messe. J'ajouterai, que quand il est question d'un édifice comme celui-ci, il faut faire les murs fort épais, & toutes ces fenêtres bien grillées, de même que les tuyaux des cheminées.

Pour dire aussi un mot des maisons de Bourgeois, qui sont représentées sur la Planche 29^e. il est bon qu'on sache que le plan des cinq maisons qu'on y voit exprime la moitié d'un des cantons de la Planche 25, dont il a été fait mention dans le Chapitre huitième; ainsi par cette moitié on jugera aisément du reste: à l'égard de la décoration des façades, comme elles accompagnent le plan dont je viens de parler, il ne faut qu'un coup d'œil pour en juger, sans qu'il soit besoin d'un plus grand éclaircissement; je rapporterai seulement ici le Règlement qui a été fait au sujet des maisons qui ont été bâties au Neuf-Brisack; il prescrit ce qu'il faut observer pour empêcher les contestations entre les voisins, & à quoi chaque particulier doit s'assujettir en bâtissant dans une Place de Guerre.

PLANCH.
29. & 25.

DE PAR LE ROY.

Règlement concernant les Maisons qui se bâtissent au Neuf-Brisack, sur les Places que Sa Majesté a bien voulu accorder aux Particuliers.

PREMIEREMENT.

TOUS ceux qui bâtissent doivent se conformer pour les faces de leurs bâtimens à celles qui sont déjà construites sur la grande Place, tant pour la décoration de ces faces & hauteur des corniches,

K 3

niches, que pour la grandeur des Boutiques, Portes, & Croisées qui doivent toutes être semblables, ainsi que la hauteur des combles.

I I.

CHACQUE Particulier sera obligé de faire un pignon de Maçonnerie ayant 2 pieds d'épaisseur dans ses fondemens jusqu'au rez-de-Chaussée, 18 pouces du rez-de-Chaussée jusqu'au plancher du Grenier, & 16 pouces de-là au faite du comble, & ceux qui en ont bâties de Charpente seront tenus de les démonter, pour les faire solidement; & comme il peut arriver quelque difficulté à l'occasion de la construction de ces pignons, les Particuliers ne bâtissant pas tout à la fois, celui qui commencera le premier sera indemnisé par son voisin de la moitié de la dépense à mesure que le pignon s'élèvera, sans qu'il soit obligé d'attendre que son voisin bâtit sur le devant.

I I I.

ILS observeront de mettre les auvents de même hauteur, observant la même chose aux enseignes qui seront de pareille grandeur le plus que faire se pourra.

I V.

DANS la construction des Caves, il est ordonné d'en voûter au moins une dans chaque maison.

V.

LES combles dans un même quarré seront de même hauteur afin de se raccorder parfaitement avec le dessein.

V I.

ILS éloigneront le plus qu'ils pourront les lieux communs, ou latrines, des puits; non-seulement des leurs, mais aussi de ceux que leurs voisins feront construire chez eux.

V I I.

ET comme les transpirations de ces latrines pourroient à la fin gâter & corrompre les eaux des Puits, il est très-expressement enjoint à tous les Particuliers de faire citerner la fosse de leurs latrines avec de bonne Maçonnerie, & un enduit de ciment, observant

vant de laisser un trou à la Voûte pour les vuider quand il sera tems.

VIII.

IL est encore enjoint à tous ceux qui ont obtenu des Places de les bâtir incessamment, afin qu'elles soient achevées dans le terme qu'on leur a donné, sous peine de perdre lesdites Places, que l'on donnera à d'autres, & même les legers Bâtimens qui sont dessus, lorsque le tems de leur soumission sera expiré.

IX.

IL est très-expressement ordonné à tous Maçons & Charpentiers de se conformer à ce Reglement, sous peine de prison, & d'en répondre en leur propre & privé nom.

Et afin que personne n'en ignore, sera le present Reglement lu & publié à son de Tambour & affiché par-tout où besoin sera.

CHAPITRE ONZIEME.

De la Cantine, de la Glaciere, de la Boulangerie, & des Moulins.

DANS toutes les Villes de Guerre où la Maltote est établie, le Roy veut bien accorder à la Garnison une Cantine, c'est-à-dire un lieu où elle ait le privilege d'avoir de l'Eau-de-Vie, du Vin, de la Bierre, à un certain prix beaucoup au-dessous de celui des Cabarets. Quand cette Cantine se trouve dans une grande Ville, c'est à celui qui en est l'Entrepreneur de se pourvoir d'une Maison qui lui convienne: mais, dans une Citadelle ou autre Forteresse qui n'est habitée que par des Gens de Guerre, la Cantine est presque le seul endroit d'où la Garnison peut tirer des rafraichissemens; & alors ce sont les Ingenieurs qui sont chargés de la construction & des réparations de cet Edifice, ce qui m'engage d'en faire mention.

Une Cantine doit être composée de plusieurs Caves & au rez-de-Chaussée d'une Cuisine, d'une Garde-manger, de trois ou quatre Chambres pour donner à boire aux Soldats, d'une Salle pour l'Auberge des Officiers, d'une Ecurie pour 12 ou 15 Chevaux, & d'un cou-

80 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

couvert pour mettre le bois: au-dessus du corps de logis, on distribuera aussi un nombre de Chambres qui répondront si l'on veut à celle du rez-de-Chaussée; elles serviront pour loger les Etrangers. La Cantine qui est rapportée sur la Planche 32. est à peu-près dans ce goût-là.

PLANCH.
32.

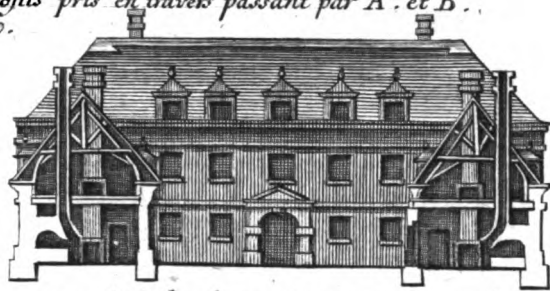
Pour procurer aux Officiers d'une Garnison le plaisir de boire frais en Eté, on fait assés souvent une Glacière dont la construction & l'entretien regardent aussi les Fortifications; mais c'est l'Etat Major de la Place qui prend le soin de la faire remplir. Pour la bien placer, il faut choisir un lieu élevé, comme par exemple un Bastion plain, on fait une fosse en forme d'entonnoir, on lui donne environ 20 pieds de diamètre & 10 ou 12 de profondeur plus ou moins: si l'on rencontroit pour faire cette fosse une terre glaise, qui n'eût point été remuée, on pourroit se dispenser de la revêtir de Maçonnerie; mais quand cela ne se trouve point, on y fait un revêtement de Briques de deux pieds d'épaisseur ou davantage selon qu'on aura lieu de craindre la poussée des terres qui n'a guère lieu dans cette occasion, parce que donnant pour profondeur à peu-près le rayon du grand cercle, les terres se trouvent avoir leur pente naturelle, & par conséquent se soutiendront sous l'angle de 45 degrés. Au fond de la Glacière l'on fait un petit Puits de 3 pieds de diamètre sur 5 ou 6 de profondeur qui doit être aussi revêtu; il sert à recevoir l'eau de la glace, qui ne manqueroit pas de fondre celle du fond, si elle n'avoit un écoulement: ainsi l'on sent bien que c'est par le Puits qu'il faut commencer la Maçonnerie; & quand on sera parvenu au bord, il faudra faire un roüet composé de bon bois de chêne, pour servir d'empatement aux premières assises du revêtement de l'entonnoir: quand on l'a rempli de glace, on ferme le Puits par un plancher à claire voye; la Maçonnerie étant achevée, & lui ayant donné tout le tems de secher, on fait pour couvrir la Glacière une charpente en figure de cône, dont la base repose sur le bord de la Maçonnerie, & cette charpente est garni de chaume depuis la pointe du cône jusqu'à terre, d'une épaisseur suffisante pour empêcher le Soleil de pénétrer à travers; c'est pourquoi, afin de tenir cet endroit plus à l'ombre, on plante à l'entour des arbres assés près les uns des autres pour qu'ils forment par la suite un berceau: pour entrer dans la Glacière, on fait une petite allée de 10 à 12 pieds de longueur & 4 de largeur, voûtée & tournée du côté du Nord, on la ferme par deux portes, dont il y en a une à chaque extrémité.

PLANCH.
32.

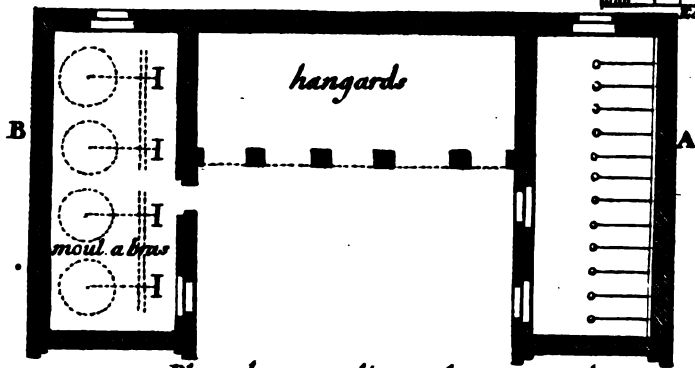
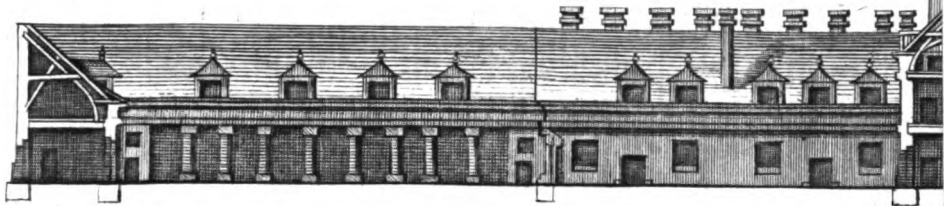
Comme en tems de Guerre l'on donne le pain aux Troupes, l'on fait

Las^{es} des Ing^{rs} liv. IV. pl. 32. pa. 20.

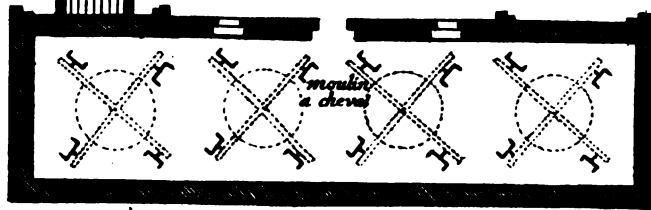
Profils pris en travers passant par A. et B.



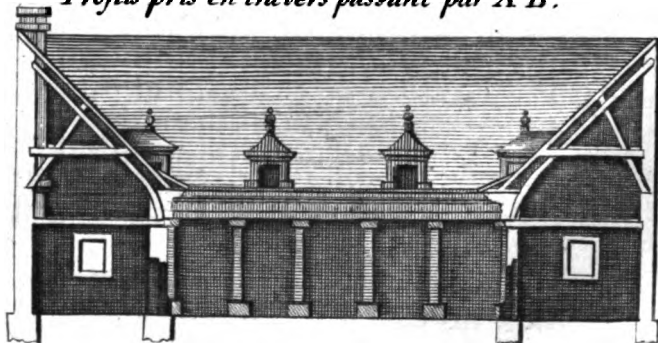
Profil pris sur la longueur de la boulangerie passant par C et D.



Plan des moulins a bras et a Cheval



Profils pris en travers passant par A B.



Echelle pour le Pl

fait une Boulangerie qui en fournit, non-seulement à la garnison, mais encore à une Armée qui seroit dans le voisinage de la Place: c'est pourquoi il faut qu'elle soit composée au moins de 16 Fours accompagnés de leur Chaudiere, pour que les Munitionnaires puissent livrer dans un besoin au moins 8000 rations par jour. Ces Fours auront chacun 9 pieds de diamètre, & 2 pieds sous Voûte dans le plus élevé, la gueule aura 2 pieds de largeur sur un & demi de hauteur, élevés de 3 pieds au-dessus du rez-de-Chaussée, ainsi qu'on le peut voir par le plan & le profil du Four que j'ai rapporté en grand sur la 34^e. Planche, parce que ceux de la Boulangerie étoient destinés trop en petit pour être aperçus distinctement.

PLANCH.
34.

La construction des Fours n'a rien de particulier que les moindres Maçons ne sachent; je dirai seulement, que les Voûtes doivent être faites avec des briques d'une bonne terre bien préparée & bien cuite, posées de bout comme des voussiors avec du mortier fin: à l'égard du carrelage dont l'étendue du Four doit être couverte, il faut pour poser les carreaux se servir de mortier de terre glaise, & non de celui fait de Chaux & de Sable, parce que la chaleur le feroit enfler, & détacheroit les carreaux en peu de tems.

L'Edifice doit être composé de deux Cours, la premiere pour la commodité des mitrons, la seconde pour les Charrois & les Ecuries: dans le bâtiment il doit y avoir 2 Magasins pour renfermer le pain, 2 Bureaux pour le distribuer; au-dessus l'on fera des logemens pour les Commis des Vivres, & les Farines pourront être mises dans les Greniers au-dessus des hangards: mais, pour donner une idée plus sensible de tout ceci, on peut voir la Boulangerie représentée sur la Planche 32.

PLANCH.
32.

Quand il n'y a point de Moulins à vent ni à eau dans une Place, ou que l'ennemi, s'il y en a, peut les rendre inutiles, il faut faire un Bâtiment pour en mettre à bras & à cheval en quantité suffisante pour entretenir la Garnison de Farine: ce Bâtiment doit être seulement composé de deux gandes Places au rez-de-Chaussée pour renfermer les Moulins, d'un hangard assez grand pour mettre à couvert le bois que l'on donne aux Troupes, & d'une Ecurie capable de contenir 14 ou 15 Chevaux, avec de bons Greniers pour renfermer les Farines comme on le peut voir sur la même Planche.

Je ne dis rien presentement de la Mécanique de ces sortes de Moulins, devant en faire mention dans le second Volume, en parlant des Machines.

CHAPITRE DOUZIEME.

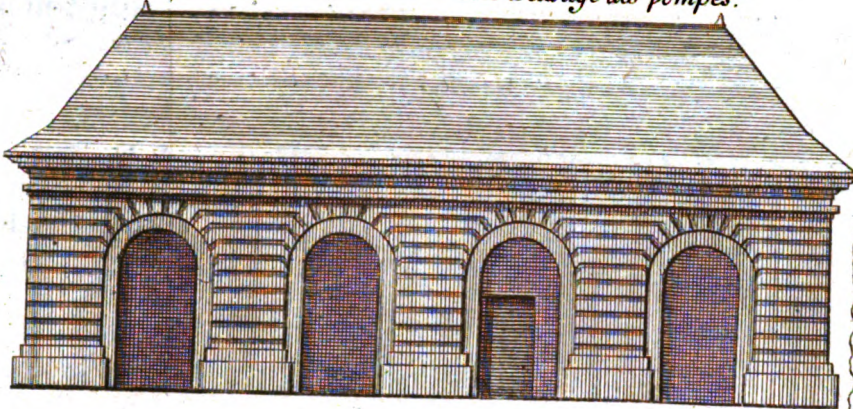
De la Construction des Puits & Cisternes.

L'ON connoît assés la necessité d'avoir dans une Ville un nombre de Puits publics, sans qu'il soit besoin que j'en fasse voir la conséquence, sur-tout quand il n'y a point de Riviere qui serpente dans les principaux quartiers. Comme les Puits ordinaires n'ont rien de particulier, il me suffira de dire qu'on les approfondit jusqu'à ce qu'ils ayent 5 à 6 pieds d'eau vive, après quoi l'on place dans le fond un roüet de bois de chêne de 4 pieds de diamètre dans oeuvre & de 4 à 12 pouces de grosseur, sur lequel on pose 5 ou 6 assises de pierre de taille maçonnées avec mortier de ciment & bien cramponnées par des crampons de fer coulés en plomb. Le reste de la hauteur du Puits jusqu'à 3 pouces au-dessous du rez-de-Chaussée s'éleve en maçonnerie de briques ou de moëlon, ensuite on surmonte le rez-de-Chaussée de 3 assises de pierre de taille, faisant ensemble 2 pieds & demi, maçonnées en mortier de ciment & cramponnées comme celles du fond, après quoi on équipe le Puits de tout ce qui est nécessaire pour en tirer l'eau.

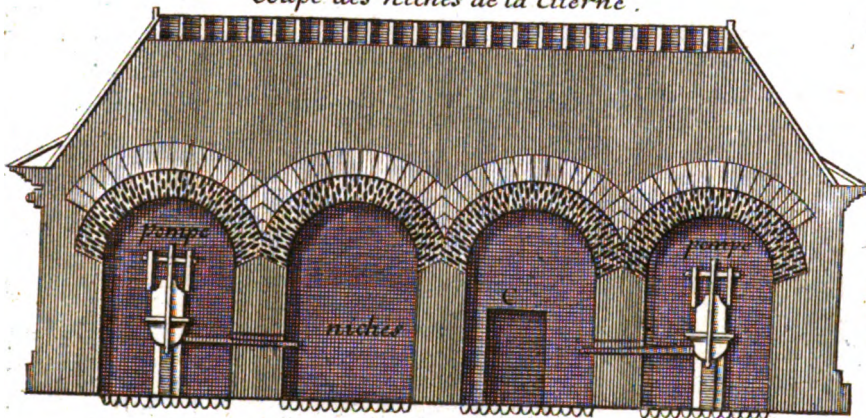
Il se fait un autre sorte de Puits, qu'on appelle *Puits forés*, qui ont cela de particulier, que l'eau monte d'elle-même jusqu'à une certaine hauteur, de sorte qu'il ne se faut donner aucun mouvement pour l'avoir, que la peine de la puiser dans le bassin qui la reçoit. Il seroit à souhaiter que l'on en pût faire de semblables en toutes sortes d'endroits; ce qui ne paroît pas possible, puisqu'il faut des circonstances du côté du terrain qu'on ne rencontre pas toujours: car, comme ces Puits sont occasionnés par les eaux qui partant de quelques montagnes voisines se sont fait un chemin souterrain pour aller jusqu'à une certaine distance où elles sont ensuite retenues par des bancs de terre glaise ou de pierre qui les empêchent de se perdre, il faut que ces bancs puissent être percés avec les carrieres ordinaires, & que l'eau qui est dessous soit capable de monter d'elle-même dans un tuyau vertical jusqu'au rez-de-Chaussée, ce qui est la principale circonstance: or, suposant que tout cela se rencontre, voici comme ces sortes de Puits se font.

On creuse d'abord un bassin de grandeur arbitraire, dont le fond doit être plus bas que le niveau auquel l'eau peut monter d'elle-même

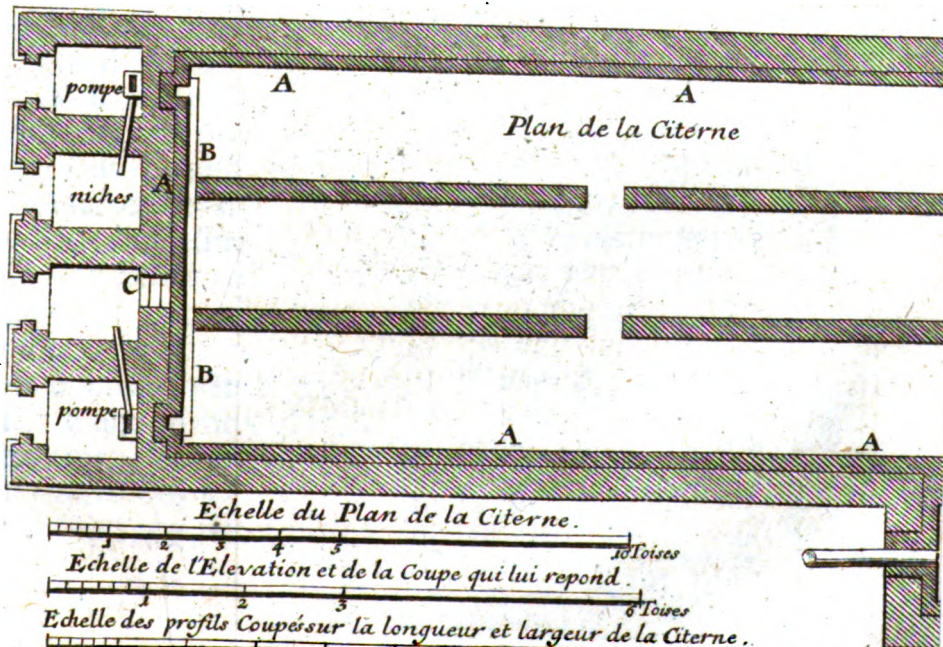
Façade des niches de la Citerne à l'usage des pompes.



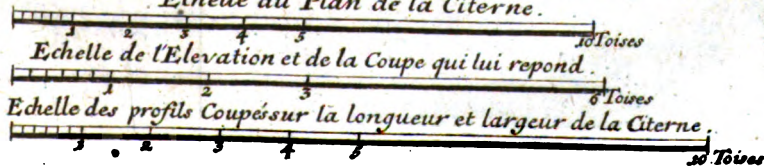
Coupe des niches de la Citerne.



A.1
B.1
C.1
D.1
E.1
F.1



Echelle du Plan de la Citerne.



même, afin de la recevoir; on prend ensuite un pilot d'une longueur & d'une grosseur convenable, on perce dans toute sa longueur avec les tarières ordinaires un trou de 3 pouces de diamètre, & on le garnit de fer par les deux bouts, dont celui qui doit entrer en terre doit être le plus aigu qu'on pourra; on enfonce ce pilot avec le mouton autant qu'il est possible, & lors qu'il n'y a plus moyen de le faire entrer plus avant, on employe la tarière qui doit achever de percer le puits: or ces tarières ont 3 pouces de diamètre, & environ un pied de gouge, le reste du corps étant d'un pouce de gros plus ou moins, & de 12 pieds de longueur; on enfonce cette tarière dans le canal du pilot, & on perce à l'ordinaire tous les bans qui se rencontrent, ayant soin de la vider de tems en tems de la terre dont elle se remplit; lorsque la longueur de cette première tarière ne suffit pas pour arriver jusqu'à l'eau, on y ente une seconde branche, une troisième, &c. tant que la profondeur le demande, & l'on continue de forer & vider le trou successivement, jusqu'à ce qu'enfin on ait trouvé de l'eau en abondance, ce que l'on reconnoît lors qu'elle monte le long du pilot jusque par dessus, alors on se sert d'un tuyau de plomb pour la conduire dans le bassin.

Quand on a une fois trouvé l'eau vive, & qu'on voit qu'elle vient en abondance, il faut bien se garder de percer plus avant, crainte d'ouvrir les bans de pierre ou de terre glaise qui seroient au-dessous de l'eau, parce qu'il pourroit arriver que trouvant une issue plus aisée à parcourir que le chemin du canal, elle ne cessât sur le champ, ou au bout de quelque tems, de monter.

On fait de ces sortes de Puits en Flandres, en Allemagne, & en Italie: j'en ai vu un au Monastere de Saint André, à une demie lieue d'Aire en Artois; l'eau en est si abondante, qu'elle donne plus de cent tonneaux par heure, elle s'élève à 10 ou 12 pieds au-dessus du rez-de-Chaussée, & retombe dans un grand bassin, par plusieurs fontaines qui font un fort bel effet.

Feu Mr. de Cassini rapporte dans les Memoires de l'Academie Royale des Sciences, qu'en plusieurs endroits du territoire de Mutine & de Boulogne, on en voit de semblables, mais qui se font différemment: on creuse jusqu'à l'eau, après quoi l'on construit un double revêtement, dont on remplit l'entredeux d'un courroi, fait d'une glaise bien petrie, après quoi on continue à creuser plus avant, & de revêtir comme en premier lieu, jusqu'à ce qu'on trouve des sources qui viennent avec abondance; alors on perce le fond avec une longue tarière, & le trou étant achevé,

l'eau monte & remplit non seulement le puits, mais encore se répand sur toute la campagne, qu'elle arrose continuellement: il ajoute, qu'il a fait faire au Fort Urbin une Fontaine, dont l'eau s'élevoit naturellement à 15 pieds de hauteur au-dessus du rez-de-Chaussée, d'où elle retomboit dans un bassin de marbre, destiné pour l'usage du public, & que l'ayant soutenue par des tuyaux, elle s'élevoit jusqu'au sommet des maisons.

Dans la basse Autriche, qui est environnée des montagnes de Stirie, les habitans se donnent de l'eau à peu près de la même manière; ils creusent d'abord jusqu'à ce qu'ils trouvent la glaise, alors ils prennent une grande pierre épaisse de six pouces, percée dans le milieu, & percent le lit de glaise au travers de ce trou, tant que l'eau monte avec impetuosité, & remplisse le puits.

Il y a des situations où, sans avoir des montagnes dans le voisinage, on peut encore faire des puits dans le même goût, car s'il y a des rivières ou lacs qui soient plus élevés que le rez-de-Chaussée de l'endroit où l'on est, il est évident que si ces eaux communiquent jusques-là, elles pourront remplir le puits & même déborder, comme cela arrive en plusieurs endroits, lorsque les rivières viennent à grossir.

L'on peut ajouter, que dans les endroits, où l'eau ne pourra pas monter assez près du rez-de-Chaussée pour être reçue dans un bassin, ces Puits ne laisseroient pas d'être utiles, si, faisant tomber l'eau dans quelque réservoir aussi haut qu'elle pourra monter, on peut lui donner de-là un écoulement dans quelqu'autre lieu voisin plus bas que le réservoir, ce qui pourra se faire par un aqueduc souterrain, ou même par un siphon qui passe à fleur de terre, & alors on fera tomber l'eau qui sortiroit du canal ou du siphon, dans un bassin, comme on le pratique ordinairement dans tous les lieux où il y a des fontaines voisines; ou bien, sans faire tout cela, on élèvera l'eau au-dessus du rez-de-Chaussée, par le moyen d'une pompe, pourvu que cette hauteur ne passe point 29 ou 30 pieds, ne pouvant la faire monter plus haut par les raisons que j'ai données dans le Discours sur les Effets de l'Air, qui est à la fin de mon Cours de Mathématique.

Dans les lieux qui sont fort élevés, on ne rencontre guère toutes les conditions qu'il faut pour faire des puits forés, pas même des puits ordinaires, à moins qu'ils ne soient d'une profondeur excessive comme celui de Charlemont, & encore quelquefois ne parvient-on pas à rencontrer la bonne eau; ce qui rendroit ces lieux inhabitables, si on n'avoit imaginé les citernes, c'est-à-dire, la

la maniere de purifier, & de conserver dans une espece de cave, l'eau qui tombe du Ciel. Or, comme la construction de ces citernes demande beaucoup d'aplication pour les faire bonnes, nous allons détailler tout ce qui peut appartenir à ce sujet; &, pour ne rien dire qui n'ait été déjà executé avec succès, je prendrai pour exemple la citerne qui a été faite en 1722 à Charlemont par Mr. de Breval; elle est au moins aussi belle que celle de Dunkerque, dont on fait tant de cas. Cette citerne a, comme on le peut voir par le plan, 15 toises de longueur, sur 6 toises 4 pieds de largeur, y compris les deux murs de refends qu'on a fait pour porter les Voûtes, parce que pour ces sortes d'ouvrages, qui doivent être à l'épreuve de la Bombe, crainte des accidens qui peuvent arriver en tems de siège, il vaut mieux faire trois Voûtes chacune d'une grandeur médiocre, que de n'en faire qu'une seule qui seroit trop élevée & trop foible.

Le plan fait voir aussi, qu'on a pratiqué une porte dans le milieu de chaque mur de refend, pour la communication de l'eau, & que l'on a fait un citerneau de 9 pieds en quarré, pour que l'eau puisse filtrer avant d'entrer dans la citerne; c'est pourquoi le fond de ce citerneau est 8 pieds plus haut que celui de la citerne.

Pour tirer l'eau, on a construit au rez-de-Chaussée de la Place quatre niches quarrées de 7 pieds & demi dans œuvre, dont deux servent à loger les pompes, & les deux autres pour recevoir l'eau; &, afin qu'on en puisse tirer jusqu'à la dernier gotte, les tuyaux des pompes vont répondre dans un puisart, qui est une espece de rigole qui regne sur toute la largeur, dans l'une de ces niches on a pratiqué une porte pour descendre avec une échelle dans la citerne, lorsque l'on veut y faire quelque reparation: ces niches ont été voûtées à l'épreuve de la Bombe, & sont décorées exterieurement par une façade de pierre de taille à joints refendus, & couronnées d'une corniche, elles sont fermées par des portes de madriers, aussi bien que l'entrée de la citerne. Je crois que cette explication suffit, aidé des plans & profils, pour en donner une connoissance parfaite; ainsi, je ne parlerai que de ce qu'on a observé en la construisant.

Après avoir deblayé les terres jusqu'à une profondeur convenable, on a fait un massif de maçonnerie d'environ 3 pieds d'épaisseur, dirigé en pente de 6 pouces vers le puisart des pompes, & ce massif occupant tout le fond de la citerne a servi en même tems de fondement aux piés-droits des Voûtes & aux murs de refends. Après l'avoir bien arrasé, on l'a couvert d'un rang de briques posées

de plat en mortier de ciment, sur ce premier rang on en a fait un second, & sur celui-ci un troisième, toujours avec du mortier de ciment & plain sur joints: le fond du citerneau a été aussi construit de la même manière.

La superficie du fond de la citerne étant achevée, l'on a élevé les murs du refends & les piés-droits des Voûtes, auxquels l'on a donné 3 piés d'épaisseur: les murs du pourtour, tant de la citerne que du citerneau, ont été parementés de briques, posées en mortier de ciment, sur l'épaisseur de deux briques, & d'une & demi alternativement, & le reste de cette épaisseur de moilon; ensuite l'on a posé les ceintres sur lesquels l'on a établi la première Voûte, d'une brique d'épaisseur faite en mortier de ciment; sur cette Voûte l'on en a faite une seconde, & sur celle-ci une troisième de moilon plat, après quoi l'on a rempli de maçonnerie les reins de la Voûte du berceau du milieu, jusqu'à la hauteur qu'on voit déterminé par le profil, après avoir bien arrasé les pentes, on y a appliqué une chape de ciment qui couvre les trois Voûtes, & cette chape a été faite à peu près de la même façon, qu'il est enseigné dans le Chapitre onzième du troisième Livre.

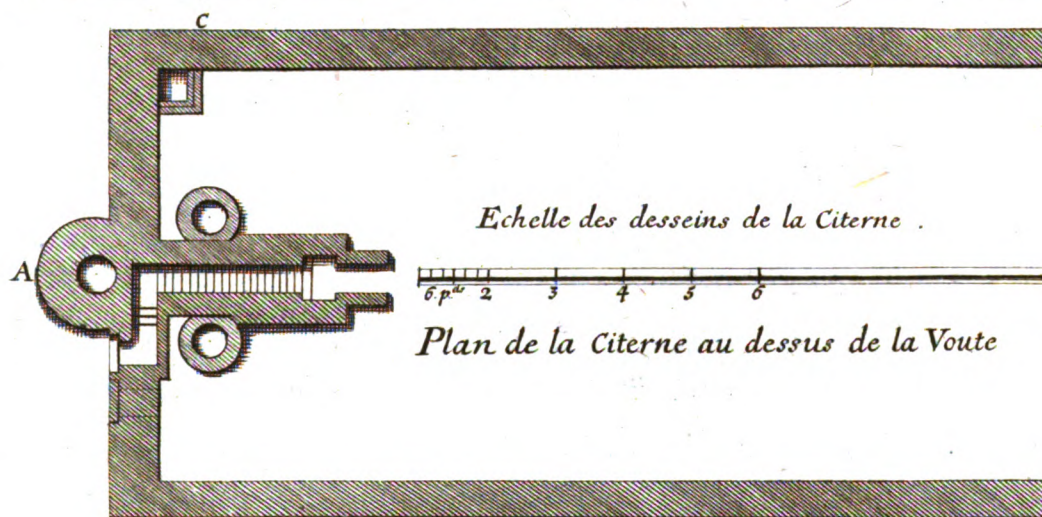
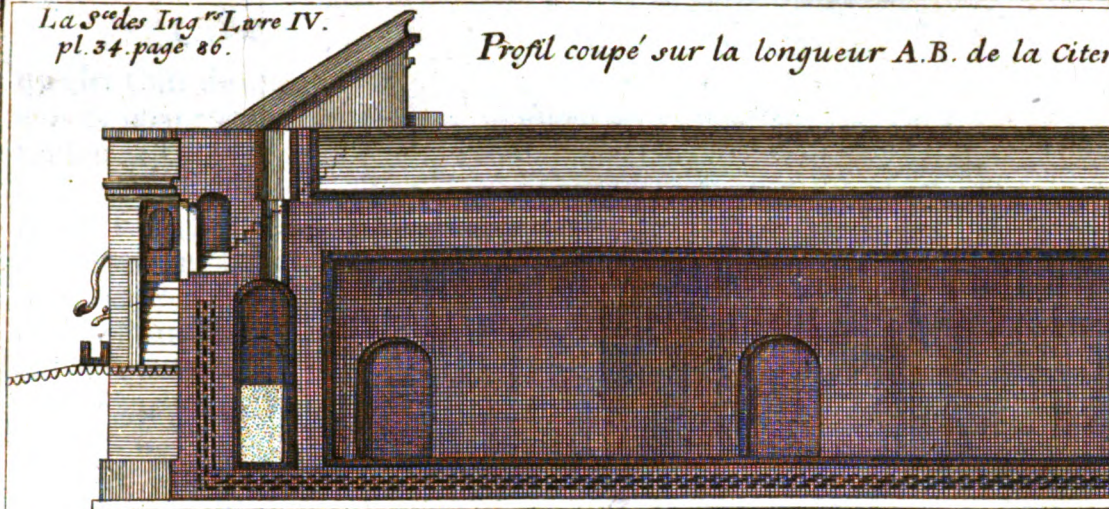
L'on a fait un enduit sur le pavé de la citerne, & sur l'intérieur du mur du pourtour, de la même épaisseur qu'on fait ordinairement les chapes de ciment, & fabriqué avec les mêmes précautions, excepté seulement qu'au lieu de poussière de thuilax, on s'est servi de terrasse de Hollande, comme étant beaucoup meilleure.

Quand on fait des citernes dans des lieux aquatiques, on enveloppe extérieurement toute la maçonnerie, par un bon courroi de terre glaise, bien petrie & bien battue, crainte que les eaux qui proviendroient des sources, ou de quelqu'autre cause, ne l'endommagent, ou ne se mêlent avec celle de la citerne, si à la longue elles parvenoient à s'y faire une entrée; car l'on entend bien que ces eaux ne pourroient être que de mauvaise qualité, puisque, si elles étoient bonnes, on ne seroit point dans la nécessité de faire une citerne.

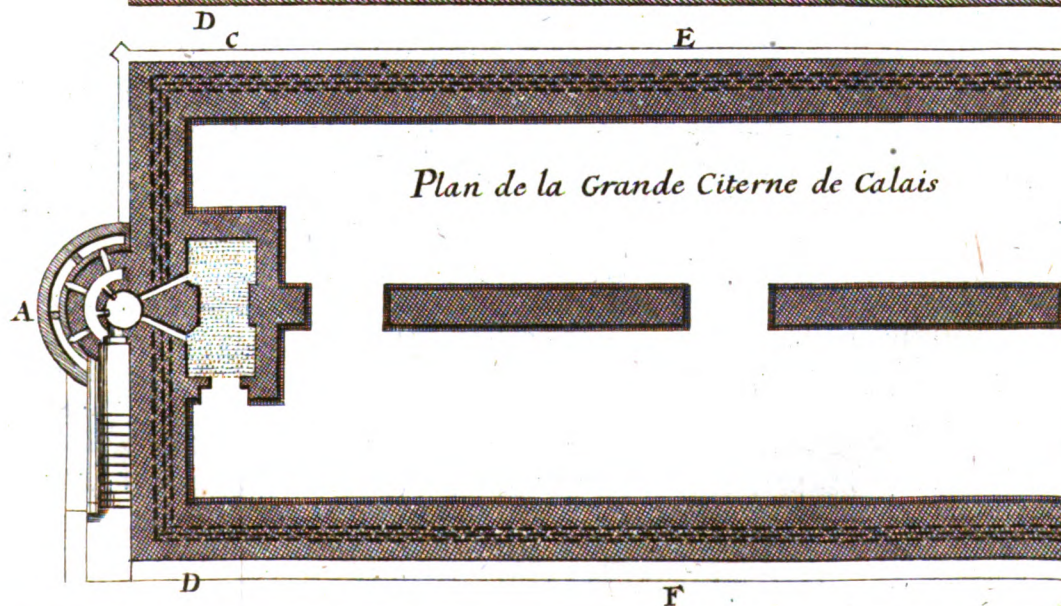
J'en rapporterai encore ici une fort belle, qui s'est faite à Calais, à peu près dans le même tems que celle de Charlemont, dont les développemens sont suffisamment détaillées sur la 34^e. Planché, que je ne m'arrêterai point à expliquer, parce qu'on en trouvera le devis dans le sixième Livre, qui en facilitera parfaitement l'intelligence, & que je donne d'ailleurs pour servir de modèle, quand on sera dans le cas de projeter de pareils ouvrages.

La grandeur des citernes devant être réglée sur la quantité d'eau que

PLANCH.
34.



Plan de la Citerne au dessus de la Voute



Plan de la Grande Citerne de Calais

que les toits des bâtimens les plus à portée peuvent fournir, il faut, afin de savoir combien on pourra en recueillir, faire des expériences sur les lieux, pour voir ce qu'il tombe de pouces d'eau chaque année, c'est-à-dire, de combien de hauteur d'eau les pluies couvriroient la surface de la terre, si elles s'y conservoient sans s'écouler, s'imbiber, ni s'évaporer; &, suposant qu'il en tombe 20 pouces, il faut mesurer l'étendue qu'occupent les bâtimens, dont on veut ramasser l'eau des toits, sans s'embarrasser de leur figure, ni de la grandeur de leur surface, puisque l'eau qu'ils recevront sera toujours équivalente à celle qui seroit tombée sur le terrain qu'occupe le bâtiment, si l'espace avoit été decouvert comme en plaine campagne: or, si cet espace se trouvoit par exemple de 1200 toises quarrées, il faudroit multiplier cette quantité par 20 pouces, & le produit donnera 332 toises 4 pieds cubes, pour la quantité d'eau que la citerne recevra dans le courant d'une année, surquoi il faut prendre garde de la faire toujours plus grande, afin que dans le tems des plus grandes eaux, elle ne monte jamais jusqu'à la naissance de la Voûte.

Pour savoir la maniere dont on pourra faire ces expériences, je rapporterai ce qui se pratique à l'Observatoire Royal de Paris, que j'accompagnerai de quelque exemple dont on pourra se servir dans l'occasion.

Pour connoître la quantité d'eau de pluie qui tombe à l'Observatoire, on place, dans une Tour decouverte, un vaisseau de fer blanc de 4 pieds de superficie, avec des rebors de 6 pouces de hauteur, ce vaisseau est fait en pente vers l'un de ses angles où il y a un bout de tuyau pour conduire l'eau dans une cruche, on a grand soin de mesurer exactement toute l'eau qui est amassée dans cette cruche, avec un vase de figure cubique qui a son côté de 3 pouces, enforte que 32 lignes de hauteur d'eau dans ce petit vase, valent une demi ligne sur la superficie du grand vaisseau; car il est bon de remarquer qu'on ne remplit point entierement la mesure, & qu'on se contente d'y mettre de l'eau jusqu'à une ligne qui est tracée en dedans à 4 lignes au-dessous du bord. Pour avoir les 32 lignes d'eau dont on vient de faire mention, on écrit sur un Registre toutes les mesures qu'on a ramassées pendant le courant de chaque mois, pour en faire une somme au bout de l'année, dont on prend la moitié pour avoir en ligne la quantité d'eau qui est tombée.

Mr. de Vauban ayant envoyé à l'Academie Royale des Sciences un Memoire de la quantité d'eau de pluie qui est tombée dans la Cita-

88 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

Citadelle de Lille pendant 10 années depuis 1685. jusqu'à 1694. Mr. de la Hire a comparé les six dernières années de l'Observation de Lille, avec les mêmes années qu'il a observées très-exactement à Paris, & en voici le Parallele.

ANNEES.	A LILLE.		A PARIS.	
	pouces.	lignes.	pouces.	lignes.
1689. . . .	18	9	18	11 $\frac{1}{2}$
1690. . . .	24	8 $\frac{1}{2}$	23	3 $\frac{1}{2}$
1691. . . .	15	2	14	5 $\frac{1}{4}$
1692. . . .	25	4 $\frac{1}{2}$	22	7 $\frac{1}{2}$
1693. . . .	30	3 $\frac{1}{2}$	22	8
1694. . . .	19	3	19	9
6 Années.	133	6 $\frac{1}{2}$	121	9

Par la Comparaison de ces 6 Années, on voit en general qu'il pleut un peu plus à Lille qu'à Paris, & que la moyenne Année à Lille donne 22 pouces 3 lignes, & à Paris 20 pouces 3 lignes. Cependant on n'en compte ordinairement que 19.

CHAPITRE TREIZIEME.

Où l'on donne les Régles générales que l'on doit observer dans la Construction des Bâtimens.

APRÈS avoir expliqué, dans les Chapitres précédens, les propriétés & la distribution des principaux Edifices Militaires, il me reste à faire le détail de beaucoup de choses qui appartiennent à leur construction & à celle des Bâtimens pour les Particuliers dont je ne traiterai qu'en general, parce qu'ils ne font partie de mon Ouvrage, qu'autant qu'un Ingenieur, sans vouloir être Architecte du premier ordre, ne peut ignorer les proportions qu'il faut donner aux parties d'un Bâtiment pour être commode & gracieux. Ce sont ces choses, dis-je, qu'il faut savoir, parce qu'elles se rencontrent souvent dans les Edifices Militaires, qui, quoique très-simples par eux-mêmes, ont pourtant besoin d'être dirigés selon certaines règles desquelles on ne peut s'écarter sans tomber dans quelque défaut. Quant aux détails que j'ai dessein d'insinuer, ils sont de la dernière consequence

conséquence, puisque ce n'est que par eux qu'on peut dresser les Devis qui doivent précéder la construction des Bâtimens.

Ces détails sont une intelligence parfaite de la Charpente, de la Menuiserie, de la Serrurerie, des Couvertures de Thuille & d'Ardoise, de la Vitrierie, de la Peinture, du Carelage, du Pavé, en un mot tout ce qui peut tomber sous la direction d'un Ingenieur ; & pour peu qu'on en fasse ensuite l'aplication aux ouvrages dont il est parlé dans ceux qui les précèdent, je crois qu'en peu de tems un jeune Ingenieur se rendra capable de se bien acquitter des differens Travaux dont les Chefs jugeront à propos de le charger ; car je suppose qu'il s'est mis au fait du premier, du second, & du troisième Livre, où il a dû apprendre ce qui appartient aux gros Ouvrages, & qu'il n'est plus question que de s'instruire des autres plus légers.

Quand on construit un Edifice, il faut donner aux murs des épaisseurs convenables à la hauteur & à la charge qu'ils doivent porter, faisant attention que cette épaisseur dépend aussi de la qualité des pierres dont ils seront composés : ces murs doivent avoir une retraite d'un demi pied au-dessus des fondemens, 3 pouces d'un côté & 3 pouces de l'autre, & chaque étage sera aussi recoupé d'environ 3 pouces en dehors & 3 pouces en dedans, parce qu'ainsi la charge du mur portera à plomb sans qu'on soit obligé de lui donner de talud ; l'on fait une plinthe en dehors à chaque étage, pour ne pas rendre ce recoupement sensible.

Pour rendre l'ouvrage plus solide, les encoignures doivent être de pierre de taille autant qu'il est possible, prenant garde d'en éloigner le plus qu'on pourra les fenêtres & les portes, crainte de les trop affoiblir ; quant aux murs de refends, on leur donnera la moitié de l'épaisseur de ceux de faces.

L'on observera de ne jamais asseoir les poutres sur des vuides, comme sur des fenêtres ou portes, & qu'elles ne passent pas dans les cheminées ; le vuide doit être assis sur le vuide, comme le plain sur le plain.

Pour la commodité d'un bâtiment, il faut que les appartemens soient voisins les uns des autres, bien arrangés ; que les principaux, comme les salles & les chambres, soient accompagnées d'une garde-robe & d'un cabinet, le tout de plain pied : ces appartemens doivent être proportionnés au service auquel ils sont destinés, & quand on est libre de suivre des justes proportions, on se reglera sur celles-ci.

Les salles auront depuis 22 jusqu'à 24 pieds de largeur, & depuis 34 jusqu'à 36 de longueur : aux grands bâtimens, la longueur des

Livre IV.

M

salles

salles doit être double de leur largeur, les chambrés seront quadrées comme étant la figure qui leur convient le mieux, & on pourra leur donner depuis 22 jusqu'à 24 pieds; quant à la grandeur des cabinets & des garde-robes, elle dépend des personnes à qui ces fortes d'endroits conviennent plus ou moins.

Les apartemens au rez-de-Chaussée pourront avoir depuis 13 jusqu'à 14 pieds de hauteur, celle du premier étage sera depuis 12 jusqu'à 13, & celle du second, depuis 11 jusqu'à 12, ainsi en diminuant d'un pied ou d'un pied & demi, pour les étages plus élevés.

Les proportions qui conviennent le mieux aux grandes & petites portes, est de leur donner pour hauteur, le double de leur largeur; les portes, par où doivent passer les voitures, auront depuis 8 jusqu'à 9 pieds de large; celles des apartemens ordinaires en auront 3, ou au moins 2 & demi, & celles des grands apartemens & des vestibules pourront avoir depuis 4 jusqu'à 5 pieds.

Dans la face d'un bâtiment, il faut toujours observer que la porte soit dans le milieu, autant que cela se peut faire: les portes des apartemens doivent être de suite, & opposées à une fenêtre lorsque le bâtiment retourne d'équerre; & dans les étages qui sont les uns sur les autres, l'on aura soin que les portes se répondent à plomb, afin que le vuide repose sur le vuide.

Les grandes fenêtres doivent être proportionnées au lieu qu'elles éclairent; car, si elles sont trop éloignées & trop petites, elles rendent le lieu obscur; si elles sont trop grandes & trop proche les unes des autres, elles affoiblissent le mur dans lequel elles sont percées: la meilleure règle est de les espacer tant plein que vuide, c'est-à-dire, que la largeur du treteau soit égale à celle de la croisée, observant que vers les encoigneures (pour ne point affaiblir le mur), il y ait de distance, de l'angle du bâtiment au tableau de la croisée, un tiers ou un quart plus que la largeur de la croisée même.

Les proportions des grandes fenêtres, ou autrement des croisées, dependent de leurs situations, si elles sont au rez-de-Chaussée, au premier, au second, ou troisième étage, & de la hauteur de l'étage qui est différent, selon la grandeur des édifices.

Toutes les fenêtres des bâtimens particuliers, & des autres destinées aux usages ordinaires, doivent avoir depuis 4 jusqu'à 5 pieds de largeur.

Pour régler généralement leur hauteur, il suffira de dire qu'après avoir pris dans la hauteur de l'étage 3 pieds au plus, qu'il faut don-

donner au mur d'appui, l'on pourra donner le reste de la hauteur sous solives aux croisées: par exemple, si l'étage a 13 pieds de hauteur sous solives, en ayant pris 3 pour l'appui, il en restera 10 pour la hauteur des croisées; ainsi à proportion des autres étages qui sont moins élevés.

On fera en sorte que toutes les fenêtres répondent à plomb les unes sur les autres: s'il y avoit des endroits au second étage ou au troisième, où l'on n'auroit pû en faire à cause de la distribution du dedans, qui répondissent à celle des étages au-dessous, il faudroit en feindre, afin que la façade du bâtiment soit régulière.

Pour les lucarnes des étages en galatas, elles doivent avoir un cinquième moins de largeur, que les croisées de dessous, & leur hauteur doit être environ une fois & demie leur largeur.

La grandeur des cheminées doit être proportionnée à celle des places où elles sont situées: les grandes pour les salles & salons auront 6 à 7 pieds d'ouverture entre leurs jambages, & 4 à 5, depuis le dessous de leur plattebande, & environ 2 pieds de profondeur d'âtre; les moyennes pour les chambres feront environ de 4 pieds de largeur, sur 3 de hauteur & de 18 à 20 pouces de profondeur; les petites pour les cabinets peuvent avoir depuis 2 pieds jusqu'à 4 de largeur, & le reste à proportion.

Dans les grands bâtimens, où les murs ont une épaisseur considérable, on peut y faire passer les tuyaux des cheminées; mais, quand cette épaisseur est médiocre, il ne convient pas d'y rien anticiper, parce qu'on affoiblirait trop les murs de refends ou les pignons. Autrefois, les cheminées étoient adossées les unes devant les autres; mais, comme elles chargeoient les planchers, & faisoient trop dans les chambres, on a corrigé ce défaut en les rangeant le long du mur, & en devoyant les tuyaux; mais, comme ce devoyement est désagréable à voir, on pratique des armoires dans les vuides, ce qui rend la chambre régulière.

Les tuyaux peuvent avoir 3 ou 4 pieds de longueur, sur 10 12 à 15 pouces de largeur, & leur épaisseur doit être de languette de pierre ou de briques de 4 pouces: quant à la situation des cheminées, je crois qu'il n'est pas besoin de dire, qu'il ne faut jamais les adosser contre les murs de face, entre les fenêtres, pour des raisons qui se font assez sentir; ainsi leur véritable place est dans le milieu des murs de refends, desorte qu'elles se présentent en entrant, sans pourtant se trouver vis-à-vis la porte, qui doit, comme on l'a déjà dit, être de côté, pour être d'enfilade avec les autres.

Il faut que les fouches des cheminées ne causent aucune diffor-

M 2

mité

PLANCHE
35.

mité au dehors d'un bâtiment, & celles qui sont sur le courant du comble & isolées doivent être les plus égales en grosseur, avec le plus de simetrie qu'il est possible, toutes de pareille hauteur, observant qu'elles surmontent le faite de 3 pieds: leur fermeture doit être d'environ 4 à 6 pouces de jour, pour l'échapé de la fumée, sur la longueur proportionnée à celle du tuyau, avec un petit adoucissement au-dessus.

Les escaliers faisant une des principales parties des bâtimens, il y auroit beaucoup de choses à dire sur le choix de leur place, leur grandeur, & leur figure, sur-tout dans un tems, où il semble qu'on ne peut rien ajoûter à ce que l'on a fait de merveilleux dans ce goût-là. Est-il rien de plus beau que de voir des escaliers qui se soutiennent d'eux-mêmes en l'air, par l'admirable invention que l'on a trouvée de les évudier dans le milieu? J'avoué, que j'aurois eû un extrême plaisir à traiter ce sujet, pour examiner, avec autant de précision qu'on le peut, le Mécanisme qui doit regner dans la coupe des pierres, pour y trouver les limons & les apuis en courbe rempante, afin que tout puisse s'assembler & se soutenir, sans y employer d'autre matiere que la pierre; même; mais, comme cela m'auroit mené trop loin, je me contenterai de rapporter quelques regles generales, qu'on doit observer dans la construction des escaliers ordinaires, d'autant que ceux, qui se pratiquent pour la commodité des édifices militaires, n'ont rien de commun avec la magnificence de ceux qui peuvent avoir lieu dans les grands édifices.

Pour ne rien interrompre dans la suite des apartemens du dedans du corps de logis, on faisoit autrefois des escaliers, au milieu de la face en dehors, dans des tours séparées; mais, comme ces tours defiguroient la simetrie extérieure, on a jugé plus à propos, par la suite, de les placer en dedans, au milieu du corps de logis, pour donner la communication à deux apartemens séparés à droit & à gauche: là, ils étoient bien en vûe & bien éclairés, ne gâtoient rien à la décoration; & lors qu'il s'agissoit d'un bâtiment simple & de peu de profondeur, il suffisoit d'avancer de part & d'autre un avant-corps de la largeur de l'escalier, sur chacune des faces, pour trouver assés de longueur aux rampes, que l'on faisoit ordinairement doubles, afin que pratiquant un passage sous le premier palier, à l'endroit de la seconde rampe, l'on pût communiquer de la cour au jardin: cette avance, que l'on faisoit dans le milieu du corps de logis pour placer l'escalier, donnoit tant de grace au bâtiment, & rendoit l'escalier si commode, que je ne crois pas que l'on puisse mieux faire, que de suivre cet usage; quoique
dans

dans ces derniers tems on se soit plutôt attaché à les placer dans les coins, à l'imitation de ce qui se pratique en Italie, où l'on affecte de faire passer ceux qui vont à l'escalier par plusieurs membres engagés l'un dans l'autre : cependant, comme un escalier placé dans le milieu occupe la plus belle place du bâtiment, dont on peut se servir plus avantageusement pour un salon, il vaut mieux, quand on le peut, le mettre de côté.

Quant à la figure que l'on peut donner aux escaliers, ceux, qui sont dans des cages quarrées, ou quarrés longs, conviennent mieux aux bâtimens considérables, que les autres qui seroient disposés en rond, en ovale, ou à pans, à moins qu'on n'y soit contraint par quelque raison indispensable.

La grandeur des escaliers doit être proportionnée à celle des édifices à l'usage desquels ils sont destinés, & par conséquent doit dépendre de cette partie d'Architecture, qui fait distribuer l'espace que les apartemens doivent occuper, en sorte que chaque membre soit proportionné à tout le reste : la seule chose, qui peut être commune aux grands & aux petits escaliers, est la hauteur des marches par rapport à leur grandeur, celle des balustres & des apuis, parce que ce sont des choses qui servent à des usages, qui se font de même par tout.

La moindre largeur, qu'on puisse donner à la rampe d'un escalier principal, est de 4 pieds, pour que deux personnes puissent monter & descendre de front sans s'incommoder : la hauteur des apuis & des balustres doit être au plus de 3 pieds, & au moins de deux pieds & demi ; quant à la hauteur des marches par rapport à leur largeur, voici une Règle que Mr. Blondel donne dans son Cours d'Architecture, que j'ai cru à propos de rapporter ici.

La longueur du pas aisé d'un homme qui marche de niveau est de 2 pieds, c'est-à-dire de 24 pouces, & la hauteur de celui qui monte à une échelle dressée à plomb n'est que d'un pied ou de 12 pouces, d'où il paroît que la longueur naturelle du même pas à plomb est la moitié de la hauteur naturelle du pas étendu de niveau ; ainsi, pour les joindre l'une avec l'autre, comme il se fait dans toutes les rampes, il faut que chaque partie en hauteur soit par compensation prise pour deux parties de niveau, & que l'une & l'autre, pour composer un pas naturel, fassent ensemble la longueur de 2 pieds ou de 24 pouces : pour cet effet, si dans une rampe vous ne donnés qu'un pouce de hauteur à la marche, il faudra lui donner 22 pouces de largeur, parce que 22 pouces de niveau avec le pouce de hauteur, qui vaut deux pouces de niveau, font ensemble la lon-

M 3

gueur

gueur du pas naturel de 24 pouces; si la marche à 2 pouces de hauteur qui valent autant que 4 pouces de niveau, elle n'aura que 20 pouces de large, qui font ensemble 24 pouces; à 3 pouces de hauteur, qui en valent 6 de niveau, il n'en faudra que 18 de large; à 4 pouces de hauteur, qui valent 8 pouces de niveau, il faut 16 pouces de large; à 5 pouces de hauteur, 14 pouces de giron; à 6 pouces de haut, 12 pouces de large; à 7 de haut, 10 de large; à 8 de haut, 8 de large; à 9 de haut, 6 de large; & ainsi du reste; ce qui se trouve faire un parfaitement bon effet, comme l'expérience le montre.

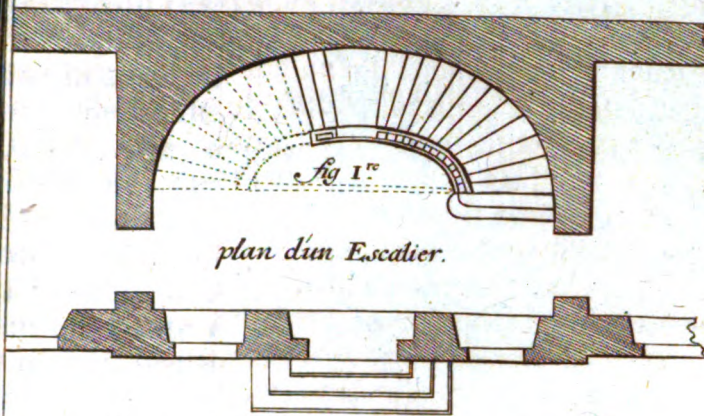
Pour rendre un Escalier commode, il faut prendre garde de ne point faire les marches trop élevées: pour cela, il ne faut jamais leur donner plus de 6 pouces de hauteur, & moins encore si on le peut, & régler la largeur du giron selon la règle précédente; quand on ne peut pas leur donner autant de largeur qu'on le desire, il faut les faire saillir d'un pouce, & tailler cette partie en quart de rond.

Il y a des Architectes, qui veulent qu'on fasse les marches un peu inclinées sur le devant, pour les rendre plus faciles & plus commodes, quand on est tellement contraint par l'espace qu'on ne peut leur donner une largeur convenable; mais, quand cela arrive, il vaut beaucoup mieux faire cette pente du sens opposé, c'est-à-dire qu'en montant la pointe du pié soit un peu plus basse que le talon, cette pente aidant tellement à monter, qu'il semble que l'on marche de niveau: on a voulu aussi faire le giron des marches un peu creux dans le milieu, pour rendre la montée plus douce; mais, cette pratique est très-dangereuse, l'expérience faisant voir que ces sortes d'Escaliers sont difficiles à descendre, le pied n'y étant jamais assuré.

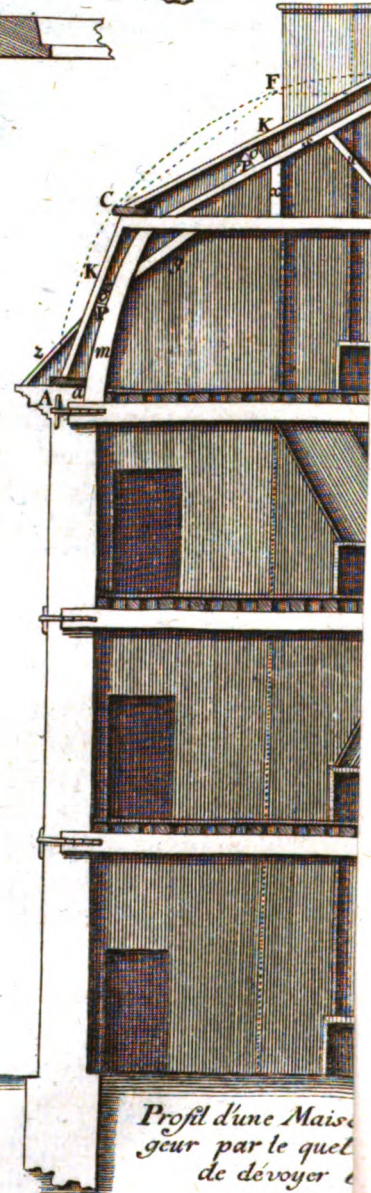
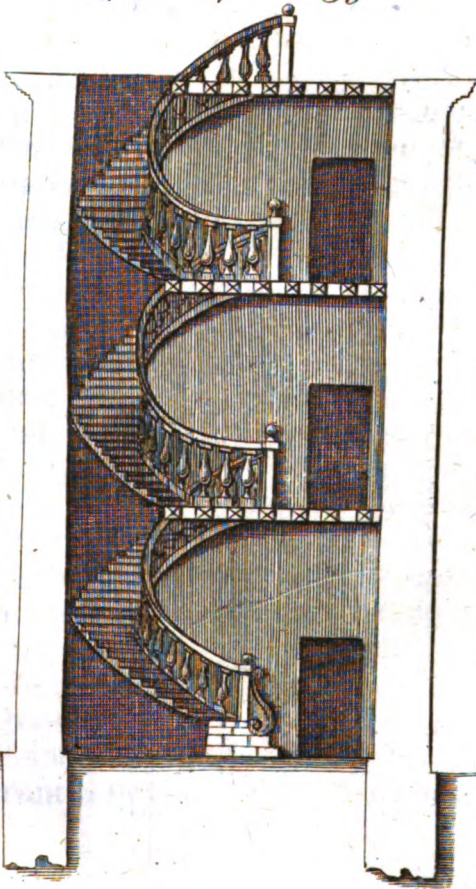
La principale chose, que l'on doit observer en construisant un Escalier, est de faire en sorte qu'il soit bien éclairé; & comme on ne peut tirer du jour que des ouvertures qui sont assujetties au reste du bâtiment, il faut bien prendre garde au choix du lieu & à la disposition des rempes, pour qu'il n'y ait aucun endroit qui ne soit bien éclairé, soit par des fenêtres qui répondent au milieu de chaque rempe, sur les paliers, ou par les flancs; mais, il faut éviter que les fenêtres soient coupées par les rempes, comme cela se fait assés communément, rien n'étant plus disgracieux à la vûe. Mais ce qu'on vient de dire doit suffire pour ce sujet, passons à ce qui regarde les combles.

Les Architectes sont assés partagés sur la hauteur qu'il faut donner aux combles: les uns veulent qu'ils fassent un triangle équilatéral, les autres un triangle rectangle & isocèle, d'autres enfin prennent un milieu entre ces deux-ci & leur donnent pour hauteur les

trois



*Profil de l'Escalier dont le plan est
Représenté par la 2.^e figure.*



*Profil d'une Maison
par le quel
on peut dériver*

trois quarts de la largeur du bâtiment ; cette proportion est fort bonne, ne rendant point les toits trop plats ni trop élevés, je l'aïmeroïis mieux qu'aucune autre. Il faut avouër qu'autrefois on les faisoit d'une hauteur excessive, comme on le voit encore aujourd'hui à une quantité de bâtimens dont les combles sont plus élevés que les murs de face, défaut qui choque le bon-sens, & qui n'est point pardonnable ; car, à quoi bon employer une Forest de bois pour charger inutilement des murs qui semblent plier sous le poids dont ils sont accablés : il est vrai qu'on avoit alors dessein de donner plus d'écoulement à la neige & aux eaux pluviales ; mais, quand les toits ont une pente d'environ 50 degrés, l'expérience montre que les étages les plus élevés, comme les Greniers, n'en sont pas moins secs.

Les combles à la *Mansarde*, que l'on nomme aussi *combles brisés*, ont fort bonne grace, & c'est ce que l'on a imaginé de mieux pour la couverture des maisons qui n'ont guère d'élévation & qui sont isolées, comme la plupart de celles que l'on fait à la campagne : un avantage encore de ces sortes de combles est de rendre l'étage en galetas fort habitable, presque carré, & les jouës des Lucarnes fort petites.

Bullet, pour faire le comble à la *Mansarde*, décrit un demi-cercle dont le diamètre est supposé égal à la largeur du bâtiment : il divise ensuite ce demi-cercle en quatre parties égales, pour tracer la moitié d'un octogone, dont deux des côtés représentent le vrai comble, & les deux autres ce qu'on appelle faux comble.

Mr Daviller, dans son Cours d'Architecture, n'approuve point cette construction, parce qu'en effet elle rend le toit trop plat ; il en propose une autre en termes assés obscurs, qui me paroît aussi sujette à plusieurs inconveniens : ainsi, n'ayant rien vû dans les autres de satisfaisant sur ce sujet, j'ai pris le parti de chercher moi-même si je ne trouverois pas une méthode de tracer le comble à la *Mansarde*, qui fût plus régulière que celles qui sont venues à ma connoissance ; la voici.

Il faut décrire un demi-cercle *ADB*, dont le diamètre sera égal à la largeur du bâtiment hors d'œuvre, tracer dans ce demi-cercle la moitié d'un décagone régulier *ACFGEB*, ce qui se fait en divisant le rayon en moyenne & extrême raison pour avoir la médiane qui sera le côté du décagone, ensuite tirer les deux lignes *CA* & *EB*, qui exprimeront les côtés du faux comble ; & si l'on divise l'arc *CDE*, en deux également au point *D*, & qu'on tire les cordes *DC* & *DE*, elles acheveront la figure *ACDEB*, de la *Mansarde*, qui aura fort bon-

PLANCHE.
35.

bonne grace , n'étant ni trop élevée ni trop écrasée.

Après avoir donné les règles generales qu'on doit suivre dans la construction des bâtimens, il sera aisé d'en faire l'aplication à ceux que l'on construit pour l'Etat Major, dans les Citadelles, Forts, &c. C'est pourquoi je passerai legerement sur cet article, & dirai seulement un mot de la distribution qui peut convenir pour ces sortes de logemens.

Il faut que le logement d'un Gouverneur soit composé de trois parties principales, savoir du corps de logis avec sa cour, de la basse-cour, & du jardin: son appartement doit être au premier étage, & consistera à une anti-chambre, une chambre, un cabinet, & une garde-robe; & suposant que l'escalier soit dans le milieu du corps de logis, l'on doit regler de l'autre côté un second appartement semblable à celui-ci pour des gens de consideration que le Gouverneur feroit obligé de recevoir, le second étage sera distribué pour les principaux domestiques, & le troisiéme pour les laquais & les fournitures de la maison: dans le rez-de-Chaussée on y ménagera une salle à manger, une cuisine, un garde-manger, une office, une chambre & un cabinet pour les Officiers de la Garnison quand le Gouverneur veut délibérer avec eux de quelque chose qui regarde le service.

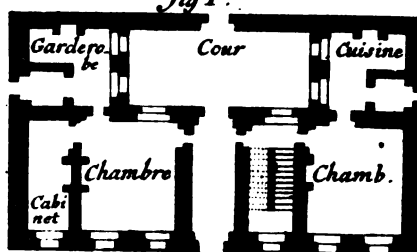
Dans la basse-cour, on doit y mettre les hangards pour le bois de la maison; les écuries & les greniers au-dessus de ces bâtimens serviront pour les Fourages: à l'égard de la disposition du jardin, je n'en parlerai point, puisqu'elle dépend du lieu, je rapporterai seulement le Plan de la maison que je viens de décrire, que l'on trouvera sur la Planche 40. aussi-bien que ceux des logemens du Lieutenant de Roi & du Major.

PLANCH.
36.

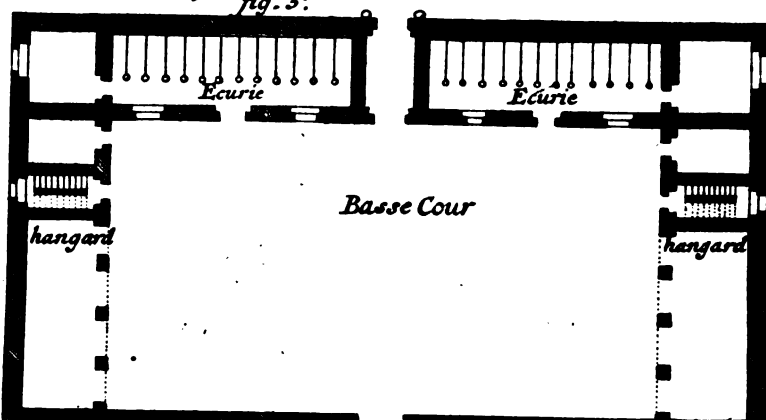
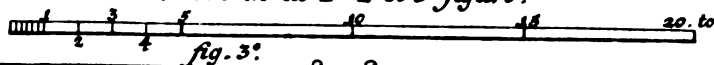
Dans les Villes fortifiées qui sont habitées depuis long-tems, il y a ordinairement assés d'Eglises pour faire le service divin; mais s'il s'agissoit d'une Place neuve, il faudroit au moins une Paroisse dont la grandeur fut proportionné: au nombre des habitans, par exemples dans les Villes à six Bastions Royaux, l'Eglise doit avoir 35 toises de longueur dans œuvre sur 6 toises de largeur, avec deux Chapelles de 20 pieds de large sur 24 de longueur: à droite & à gauche de l'Eglise, il faudra faire des logemens pour le Curé & pour le Chapelain, dont la distribution aussi-bien que celle de l'Eglise doit être à peu-près comme on le voit marqué sur la même Planche.

C H A-

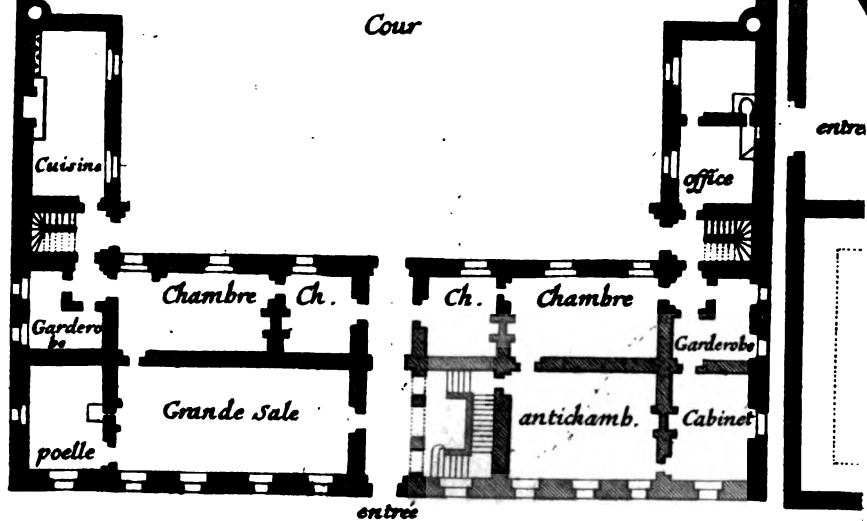
Plan d'un logement de Major
fig 1^{re}



Echelle de la 1^{re} 2 et 3^e figure.



Plan d'un Logement de Gouverneur



CHAPITRE QUATORZIÈME.

Qui comprend plusieurs détails nécessaires à l'exécution des Bâtimens.

APRE'S avoir donné dans le Chapitre précédent les règles generales qu'on doit observer dans la construction des bâtimens, il me reste à parler dans celui-ci de tout ce qui appartient à leur exécution, car ne considerer les choses qu'en gros, c'est n'en donner qu'une connoissance surperficielle; il faut entrer dans les détails, & il n'y en a pas qui ne soient d'une utilité indispensable, comme on le va voir.

Détail de la Charpente, des Combles, des Planchers, de la Menuiserie, des Portes, & Fenêtres.

Les combles se font toujours par travées, & l'on appelle *travée*, PLANCH. 35. la distance d'une ferme à l'autre, qui est ordinairement de 10 ou 12 pieds: chaque ferme est posée sur une poutre, dont la grosseur dépend de sa longueur, par conséquent de la largeur du Bâtiment; & comme les dimensions de toutes les autres pieces doivent être aussi proportionnées à cette largeur, afin qu'elles ne soient ni trop fortes ni trop foibles par rapport à la portée qu'elles auront, nous suposerons qu'il est question d'un bâtiment de 30 pieds de largeur qui est un milieu entre 24 & 36 pieds, qu'on peut regarder comme la moindre & la plus grande largeur des bâtimens ordinaires.

Les pieces qui composent une ferme sont *les jambes de force*, qui ont 8 à 9 pouces de gros; *l'entrait*, qui sert à soutenir les *arbalestriers* & à assembler les jambes de force, en a 8 à 9 posé de cant; les *aisseliers* qui servent à lier les jambes de force avec l'entrait, en ont 7 à 8; le poinçon 8 en quarré; les *contre-fiches* qui servent à soutenir les arbalestriers 6 à 7, & les arbalestriers 8 à 9.

Les autres pieces d'un comble sont le *faîte*, le *soû-faîte*, les *pannes*, & les *chevrons*. L'un & l'autre *faîte* a 6 à 8 pouces en quarré, & les chevrons ordinairement 4 aussi en quarré, posés de quatre à la latte, c'est-à-dire environ à un pied de distance. Quand on met des *plattes-formes* sur l'entablement pour recevoir le pied des chevrons, elles doivent avoir 4 à 8 pouces; & lorsque l'entablement a beaucoup de saillie, l'on employe des *coyeaux* pour l'égoût du com-

ble, afin de conduire les eaux de pluie à quelques pieds au-delà du mur de face: ces coyeaux ne sont autre chose que des bouts de chevrons, dont l'une des extrémités est coupée en *bezeau* pour être appliquée sur les chevrons mêmes, les pannes reposent sur des taffaux, & ces taffaux sur l'échantignolle, l'un & l'autre arrêté sur les arbalestriers avec des chevilles de bois.

Pour les planchers, je croi qu'il n'est pas nécessaire d'insinuer combien il est de conséquence que les poutres & les solives soient de bon bois coupées depuis plusieurs années, puisqu'on n'ignore point le danger qu'il y auroit à les employer de mauvaise qualité. A l'égard des dimensions des poutres, j'en ai assez dit dans le second & le troisième Chapitre de ce Livre, pour qu'on soit en état de juger de la grosseur qu'il conviendra leur donner.

Les principales pièces de Charpente d'un escalier sont les *patins* sur lesquels elles sont posées, les *limons* par lesquels on les assemble, les *poteaux* qui servent à porter les limons, les *planchers* des paliers, les *apuis*, les *balustres*, & les *marches*.

Les patins ont 8 à 9 pouces de gros, les poteaux 4 à 6, la grosseur des limons doit se régler par rapport à leur longueur qui dépend de la grandeur de l'escalier; mais communément on leur donne 6 à 8 pouces, posés de cant: les balustres ont 3 ou 4 pouces de grosseur, & les apuis qui sont posés dessus 4 à 6, les marches ont 5 à 7 pouces posées sur le cant, pour les grands escaliers, & pour les petits, on ne leur en donne que 4 à 6, à l'égard des pièces qui portent les paliers, il faut qu'elles soient de bon bois, parce qu'elles soutiennent les rempes dont elles facilitent la communication, c'est pourquoi on ne peut guères leur donner moins de 6 à 8 pouces de grosseur & même 8 à 10 quand elles ont une certaine longueur.

Les principaux ouvrages de Menuiserie, qui ont lieu dans les bâtimens militaires, sont les portes & les croisées. On donne ordinairement aux petites portes d'un appartement un pouce d'épaisseur, collé & emboîté par en haut & par en bas. Les portes ordinaires ont environ 15 lignes d'épaisseur, & quand on veut les faire d'assemblage on leur en donne jusqu'à 18, parce qu'alors on fait une moulure en forme de cadre des deux côtés, les *panneaux* ont un pouce d'épaisseur, les *chambranles* ont 5 à 6 pouces de largeur, sur 2 pouces d'épaisseur ornés de moulures, & l'on fait des embrasemens assemblés à panneaux.

Pour les portes cochères, on donne à leur *battant* 8 à 9 pouces de largeur sur 4 d'épaisseur, les *bastis* qui sont en dedans ont 3 pouces, les *cadres* 4, & les panneaux un pouce & demi.

Les

Les croisées sont ordinairement à panneaux ou à carreaux; on ne se sert plus guère aujourd'hui de celles à panneaux, les autres étant beaucoup plus belles & d'un meilleur usage: aux croisées ordinaires de 4 pieds de largeur on donne un pouce & demi sur 2 & demi aux *chassis dormans*, quand on y fait entrer les chassis à verre, on leur donne 8 pouces; aux *maneaux* 3 pouces en quarré, un pouce & demi sur 2 pouces & demi, aux *battans* des chassis à verre, & aux *petits bois* ou croisillons, on leur donne environ un pouce en quarré. Aux grandes croisées, les chassis dormans doivent avoir 3 pouces sur 4, les maneaux de même, les battans des chassis à verre 2 pouces d'épaisseur sur 3 ou 4 pouces de large, & les croisillons un pouce & demi.

Pour empêcher que la pluie qui tombe vers les apuis n'entre dans les apartemens, il faut faire la traverse d'enbas du chassis à verre assés épaisse pour y faire des renverseaux, & pour cela on fait cette pièce par dessus en quart de rond, & le dessous en mouchette pendante pour jetter l'eau à une certaine distance.

La traverse du *maneau* se place plus haut que la moitié de la hauteur de la croisée d'environ un sixième de cette même hauteur, afin que la vûe ne soit point barrée par cette traverse, & que la croisée en ait plus de grace; à l'égard de la hauteur des carreaux, il faut leur donner environ un sixième de plus que leur largeur.

Détail des Couvertures de Thuille & d'Ardoise.

L'on distingue ordinairement trois sortes de thuille: la première est celle du grand moule, qui a 13 pouces de long & 8 de large, on lui donne 4 pouces de purreau ou d'échantillon: la seconde est le moule bâtard dont nous ne dirons rien, parce qu'il n'est plus d'usage: la troisième, celle du petit moule qui a environ 10 pouces de long, sur 6 de large; on lui donne 3 pouces de purreau: il faut environ 150 thuilles du grand moule, pour faire une toise quarrée de couverture, & près du double, c'est-à-dire, 300 thuilles du petit.

La latte, dont on se sert pour les couvertures de thuille, s'appelle *latte quarrée*, elle doit être de bon bois de chêne de droit fil, sans nœuds ni aubier, elle se vend en botte, & la botte contient 50 lattes de 4 pieds de long chacune; quand les chevrons sont à un pied de distance les uns des autres, chaque latte est clouée sur quatre chevrons, avec cinq ou six clouds, & comme il reste trois espaces de chevrons entre les deux extrémités d'une latte, on met une contre-

latte clouée de deux en deux contre-lattes, & la distance d'une latte du dessus à celle du dessous, qui est ce qu'on appelle pureau, est ordinairement d'un tiers de la hauteur de la thuille, prise au-dessous du crochet.

Quand on employe des thuilles du grand moule, il faut environ 30 lattes par toises quarrées de couverture, 36 quand on se sert de celles du petit moule, ce qui demande l'un portant l'autre 190 clouds.

Pour que la thuille soit bonne, elle doit être faite d'une argille bien grasse, qui ne soit ni trop rouge ni trop blanche, & si bien cuite, que lors qu'on la suspend avec un fil pour la fraper, elle rende un son clair & net, ce qui n'arrive pas quand elle est mal cuite, alors elle s'écaille & tombe par morceaux, on observera aussi que la plus vieille cuite est la meilleure.

Nous avons en France de deux sortes d'ardoise, dont l'une se tire de Meziere & de Charleville, & l'autre vient d'Angers: cette dernière est beaucoup plus estimée que celle de Meziere & de Charleville; mais, en général, la meilleure est celle qui est la plus noire, la plus luisante est la plus ferme.

Il y a à Angers de trois sortes de grandeur d'ardoise: la première s'appelle la grande quarrée forte, il en faut environ 200 pour faire une toise quarrée: la seconde s'appelle grande quarrée fine, il en faut 180 par toise: la troisième s'appelle petite fine, il en faut 340 par toise.

On donne pour pureaux à l'ardoise aussi-bien qu'à la thuille, le tiers de sa hauteur, & les lattes sur lesquelles elles sont attachées, s'appellent *lattes volisses*, & ces lattes qui sont beaucoup plus larges que celles qui servent aux couvertures de thuille, se touchent presque l'une l'autre, elles se vendent aussi par bottes, & chaque botte contient 25 lattes, une botte fait environ une toise & demi de couverture, la contre-latte est de bois de sciage.

Pour employer un millier d'ardoise, suposant qu'elle ait un pied de long & 5 à 6 pouces de large, qui est la plus en usage, il faut 150 lattes, & 10 ou 12 toises de contre-lattes, il faut environ 12 clouds pour attacher chaque latte sur les chevrons, & au moins trois clouds pour chaque ardoise.

L'on se sert ordinairement de thuille, pour faire les égoûts des couvertures d'ardoise; &, afin de les rendre de la même couleur, on les peint à l'huile.

Le plomb, dont on couvre les enfâitemens des combles d'ardoise & des arrestieres, doit avoir une ligne d'épaisseur, & environ 20
pouces

pouces de large, on le maintient avec des crochets posés le long de l'enfaîtement, dont il y en a un sur chaque chevron: l'enfaîtement des lucarnes se couvre aussi de plomb de même épaisseur, mais pas tout à fait si large, puisqu'il suffit qu'il ait 15 pouces; celui, que l'on employe pour couvrir les œils de bœuf & les nouëds, est aussi de même espece.

Le plomb pour les cheneaux, que l'on met sur les enfaitemens, doit avoir une ligne & demi d'épaisseur, & 18 pouces de largeur, & celui des bavettes au-dessus des mêmes cheneaux est aussi de même qualité: il faut donner aux cheneaux environ un pouce de pente par toise, pour l'écoulement de l'eau, que l'on soutient par des crochets posés aussi sur chaque chevron.

Le plomb du tuyau de descente doit avoir deux lignes d'épaisseur, & le tuyau 3 pouces de diamètre, & leurs entonnoirs ou hottes pèsent ordinairement 50 ou 55 livres, & l'on soutient cet entonnoir & son tuyau, par des crochets posés de distance en distance.

Quand on ne veut point faire la dépense d'un tuyau pour conduire les eaux jusqu'en bas, on fait une gouttière qui porte l'eau environ cinq pieds hors de l'égoût, afin que le pied du mur ne s'en ressent point; cette gouttière doit être soutenue par une bande de fer.

Comme le plomb se vend à la livre; l'on saura qu'un pied carré sur une ligne d'épaisseur pèse environ 5 livres & demi; sur ce principe, il sera aisé de connoître le poids des tables de plomb, quand on en saura l'épaisseur.

Detail de la Vitrerie.

Le plus beau Verre qui s'employe en France se fait dans la Forêt de Leonce, près de Cherbourg en Normandie: il se vend à la somme ou au panier, qui comprend 24 plats de verre, qui ont 30 ou 32 pouces de diamètre, & le panier se vend presentement sur les lieux 25 livres, après en avoir valu 50 & 55 il y a quelques années; mais, le Roy en a réglé le prix par un Arrêt rendu en 1724. & l'a taxé comme je viens de dire à 25 liv.

Quand les plats sont entiers sans aucun accident, & qu'ils ont 30 à 32 pouces de diamètre, on peut en tirer environ 5 pieds carrés; ainsi, un panier, où il n'y a point de plat rompu, peut fournir 120 pieds.

Ce sont ordinairement les Marchands Verriers, qui se chargent de faire voiturier les paniers de verre aux differens endroits où les

Vitriers en demandent : & il y a une convention généralement reçue entr'eux, qui est que les Marchands Verriers n'indemniseront les Vitriers des plats de verre qui pourront se casser en chemin, que lors qu'il y en aura plus de sept d'endommagés ; c'est-à-dire, que s'il n'y en avoit que cinq ou six, le Vitrier doit recevoir le panier comme si tous les plats étoient entiers ; mais si au contraire il s'en trouvoit plus de sept de rompus, alors les Vitriers ont une indemnité de 20 sols par plat, desorte que s'il y en a neuf ou dix de rompus, c'est neuf ou dix livres que le Marchand doit diminuer.

Il y a encore une autre sorte de verre pour la vitrerie que l'on tire de Lorraine ; qui n'est pas à beaucoup près si beau que celui de Normandie, parce qu'il est plein de pustules & très rude, mais il est plus épais que le précédent ; c'est pourquoi on ne laisse pas de s'en servir dans les endroits qui ont beaucoup à souffrir du vent, & qui ne sont pas de conséquence ; ce verre se vend au ballot, & dans chaque ballot il y a 20 liens, chaque lien contient six tables ou plats de verre, dont on ne peut guere tirer de chacun plus de 2 pieds & demi de verre en quarré, ainsi le ballot ne fournit qu'environ 360 pieds quarrés.

Moyennant toutes ces petites connoissances, il sera aisé de juger du prix que doit valoir le pied quarré de verre, en quelque endroit du Royaume que l'on soit ; puis qu'étant prevenu de ce qu'il se vend sur les lieux, de ce qu'il en peut couter pour la voiture, & de ce que chaque plat peut donner, il n'en faut pas davantage pour savoir si le marché que l'on veut faire est raisonnable où non : il est bon de prendre garde que tous les Vitriers du Royaume, excepté ceux de Paris, ont en usage parmi eux un pied qui n'a que 10 pouces de roi, & que par conséquent on doit avoir égard à cette différence dans les marchés que l'on fait, afin de n'avoir point de difficulté pour le toisé ; mais, il faut remarquer que la valeur du pied quarré de verre doit dépendre aussi de la grandeur des carreaux ; que quand ils sont d'une belle grandeur, comme par exemple de 10 pouces sur 8, on n'en peut tirer qu'un petit nombre du même plat, & que par conséquent il faut entrer dans le dechet, qui sera alors plus considerable que si les carreaux n'étoient pas si grands, car je suppose toujours qu'il n'est point question des panneaux, & qu'il s'agit des croisées comme on les fait aujourd'hui ; enfin j'ajouterai, que quand on toise une ou plusieurs croisées, on ne s'amuse point à compter les carreaux, mais que l'on mesure la largeur & la hauteur des fenêtres, sans y comprendre les chassis, & qu'on toise tant plein que vuide, sans diminuer la différence que causent les croisillons ou petits bois.

Pour

Pour empêcher que l'air ne passe entre les carreaux & les croissillons, l'on a coutume d'entourer de plomb les carreaux, ou de les coler avec du papier, dont on se sert plus volontiers, parce que les carreaux en sont plus clos: cependant, comme le papier se détache à la pluie, ce qui oblige de les renouveler de tems en tems, on se sert depuis peu d'un mastic excellent pour cela, & qui y étant une fois appliqué se conserveroit des siècles entiers sans être renouvelé, ayant la propriété de se durcir à l'air, & comme l'usage de ce mastic n'est connu que de peu de Vitriers, en voici la composition qui est fort simple.

On prend du blanc d'Espagne, que l'on réduit en poudre, avec laquelle on fait une pâte qui se petrit avec de l'huile de noix ou de lin, & quand cette pâte est molle à peu près comme de la terre glaise, on l'applique avec un couteau dans la feüillure, où l'on fait un cadre d'environ 2 ou 3 lignes de largeur, & comme ce mastic fait un talud, il contribue à conserver le chassis contre la pourriture, parce que l'eau qui tombe sur les feüillures d'embas, coule & ne séjourne point: il est surprenant de voir que quand ce mastic est sec, il devient si dur, & tient les carreaux si fermes, qu'il est impossible de pouvoir les détacher sans les casser par morceaux, ce qui cause une difficulté quand on veut renouveler ceux qui se trouvent rompus; mais, on peut empêcher que ce mastic ne devienne si dur, en se servant de l'huile de navette préféablement à toute autre; l'expérience faisant voir qu'il se détache plus aisément quand on est contraint de le faire.

Détail du Pavé de Graïs, de celui de Brique & de Carreaux.

On se sert ordinairement de deux sortes de pavés de graïs, dont l'un s'appelle gros pavé, & l'autre pavé d'échantillon; le premier, qui peut avoir 7 à 8 pouces en quarré, sert pour paver les ruës & les grands chemins, il s'employe à sec avec du sable, on le bat & on le dresse à la demoiselle, il y a si peu de façon à le mettre en usage, que ce n'est presque point la peine d'en parler.

Le pavé d'échantillon se distingue aussi en gros & en petit, le gros n'est autre chose que des graïs de 7 à 8 pouces fendus en deux, on l'employe avec du mortier composé de chaux & de ciment, pour paver les cours & autres lieux qui demandent quelque attention; le pavé de petit échantillon est le plus souvent composé de cailloux de couleur bleuâtre, comme il s'en trouve dans certaine Province, il sert dans les Fortifications pour paver les Platte-Formes

mes des tours, le dessus des Voûtes des Portes de Ville, à l'endroit du rempart où ces Voûtes ne sont point couvertes par un bâtiment, alors on le met en œuvre avec beaucoup de précaution, se servant de mortier de ciment, afin que les cailloux soient bien unis les uns contre les autres, & qu'après en avoir dirigé les pentes qui doivent être au moins d'un pouce par toise, les eaux de pluie coulant dessus sans qu'elles puissent s'y arrêter, ni s'introduire dans leurs intervalles.

Il est assez difficile d'estimer au juste la quantité de cailloux qu'il faut par toise quarrée, parce que cela dépend de leur grosseur, qui est sujette à une grande variété; cependant, l'expérience montre qu'avec une toise cube, on peut faire dix toises quarrées de pavé, & qu'il faut environ 100 gros pavés de 7 à 8 pouces en quarré l'un portant l'autre, pour faire une toise quarrée, & deux tombereaux de sable.

Les planchers des Cazernes se pavent le plus souvent avec de la brique, parce que les carreaux n'y resteroient pas long-tems entiers: il est vrai que cela charge beaucoup les poutres & les solives; c'est pourquoi il faut y avoir égard, pour ne pas faire les planchers trop foibles.

Quand on se sert de briques de 10 pouces de longueur, sur 5 de large & 2 & demi d'épaisseur, il en faut 90 posées de plat pour faire une toise quarrée, & environ deux tiers d'un sac de chaux, & le sable à proportion.

Si l'on veut poser les briques de cant, pour rendre le pavé d'un meilleur usage, il en faut le double que quand elles sont posées de plat, c'est-à-dire 180 pour une toise quarrée, un sac de chaux, & le sable à proportion.

Pour paver les chambres des pavillons, on se sert ordinairement de carreaux, qui peuvent être de différente grandeur & figure, les plus communs sont quarrés, & ont six pouces de côté, d'autres en ont 8 à 9; de ceux-ci il en faut 64 pour faire une toise quarrée, deux tiers d'un sac de chaux, & le sable à proportion; il y en a d'autres à six pans, & qui étant employés font un meilleur effet que les quarrés: les échantillons les plus ordinaires de ces derniers sont de 8, de 6, & de 4 pouces de diamètre; quand on les emploie dans les bâtimens qui ont plusieurs étages, il est bon de se servir des plus grands au rez-de-Chaussée, & des autres plus petits aux étages supérieurs, parce qu'ayant moins d'épaisseur, ils ne chargent pas tant les planchers.

Fin du quatrième Livre.



LA SCIENCE DES INGENIEURS DANS LA CONDUITE DES TRAVAUX DE FORTIFICATION.

LIVRE CINQUIEME.

*Où l'on enseigne tout ce qui peut appartenir à la Décoration
des Edifices.*

L'ART de décorer les Edifices renferme tant de choses interressantes & utiles, que j'ai crû ne pouvoir me dispenser d'en donner un petit Traité, qui contint succinctement les Maximes les plus approuvées des meilleurs Architectes : je sai bien que la plupart des Ingenieurs s'y attachent peu, les autres parties de leur métier étant assés étendues pour les occuper entierement; cependant, si l'on fait reflexion que ce n'est que par la connoissance des Ordres d'Architecture qu'on peut acquérir le bon goût & cette grace qui sied si bien dans les Ouvrages mêmes les plus rusti-

Livre V.

A

rusti-

2 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

rustiques, l'on conviendra qu'il se rencontre mille occasions d'en faire usage, soit pour orner les Portes des Villes, les Guerites de Maçonnerie, & les Edifices Militaires en general, puisqu'il faut necessairement certains principes pour profiler selon les regles les parties d'un entablement, & même celles de la moindre corniche : d'ailleurs, quelle satisfaction n'est-ce pas pour ceux qui se piquent d'avoir quelque connoissance au-dessus des autres, de pouvoir juger du mérite des superbes monumens qui marquent de toute part la magnificence de nos Roys ; & que pourroit-on penser si on les voyoit au milieu du Château de Versailles y admirer comme le Peuple les beautés qu'on y trouve, sans en avoir un sentiment plus éclairé ? Il est des choses que l'on ne peut ignorer sans se faire tort, on n'excuse point aisément un galant homme qui n'a nulle connoissance de la Fable, ni de l'Histoire, à plus forte raison seroit-on en droit de trouver à redire si un Ingenieur ne favoit pas faire la difference d'un Ordre Toscan d'avec un Corinthien, ce n'est pas que je pense qu'il y en ait beaucoup dans ce cas, je suis fort éloigné d'un préjugé si injuste, les entretiens que j'ai eus avec plusieurs sur cette matiere m'ont fait voir qu'il s'en trouvoit d'aussi capables de construire un Palais, qu'une demi-Lune ou une contre-Garde, je veux seulement desabuser ceux qui veulent s'attacher aux Fortifications de l'opinion que Vitruve, Palladio, Vignole, & Scamozzy, sont des Auteurs qui ne les interessent pas, s'imaginant qu'il leur suffit de savoir tracer sur le Papier un front de Poligonne pour être d'habiles gens, & que tout ce qui ne tend pas directement à la maniere de fortifier les Places regarde le ministere des Architectes plutôt que le leur, il y en a même qui croiroient déroger s'ils s'y apliquoient, comme s'il y avoit plus de gloire de faire bâtir un corps de Cazernes qu'un Portique.

Malgré tout ce que je pourrois dire pour justifier les raisons que j'ai eues de parler de la Décoration, ce n'a pas été sans peine que je me suis déterminé à écrire sur un sujet si délicat, les Bibliothèques étant remplies d'une grande quantité de Livres qui semblent avoir épuisé la matiere ; car, il faut avoüer que cette Science, après avoir été long-tems ensevelie sous les ruines des Edifices antiques, est parvenue aujourd'hui à un degré de perfection qui la met au-dessus de son ancienne splendeur, & qu'il faut être bien habile ou bien téméraire, pour ajouter quelque chose aux préceptes que tant de grands hommes nous ont laissés, aussi n'est-ce pas mon dessein, n'ayant eü en vûe que de rendre mon Ouvrage complet, en évitant aux Lecteurs la peine d'étudier un grand nombre de Traités, où il n'est

n'est pas aisé de faire un bon choix des meilleures règles. Ainsi, à le bien prendre, ce n'est pas moi qui vais parler, mais plutôt, Vitruve, Palladio, Vignole, Scamozzy, Chambray, Perrault, Blondel, Daviler, & tous les autres Architectes, dont les Ouvrages ont de la réputation : souvent même je me fers de leurs propres termes ; n'ayant pas voulu imiter ceux qui changent les expressions d'un Auteur, pour s'en approprier les pensées. Cependant, comme la plupart des Architectes ont leur méthode particulière de déterminer les proportions des Ordres, j'ai suivi celui qui m'a paru le moins confus & le plus goûté du Public ; je veux dire Vignole, qui peut passer avec raison pour le plus célèbre d'entre les modernes : sa méthode est aisée, ses règles sont générales, & ce qui en augmente le prix, c'est qu'il les a tirées de ces grands Originaux qu'on ne peut se dispenser de prendre pour modèle, sans tomber dans des deffauts grossiers ; comme cela n'est que trop arrivé à la confusion de l'Architecture gothique, qui, sans avoir eû d'autre fondement que l'ignorance & un caprice ridicule, a rempli le monde d'une quantité prodigieuse d'Edifices qui n'étoient ornés que par des colifichets, dont le mauvais goût fait tort à la mémoire de nos Peres, qui ont pû admirer des choses si bizarres, tandis qu'ils rencontroient par-tout des vestiges de ces beaux monumens qui font tant d'honneur aux Grecs & aux Romains ; & peut-être serions-nous encore dans le même aveuglement, si le Roi François I. en rapellant en France les Sciences & les belles Lettres n'avoit occasionné le rétablissement de l'ancienne Architecture : mais ce ne fut point d'abord sans peine que les yeux accoutumés aux Ouvrages gothiques pûrent se faire à de nouveaux objets, & comme dit Mr. Blondel, (c'est alors que l'on vit qu'il est bien plus facile de corriger les deffauts de l'ignorance sans présomption, que d'apporter du remede à ceux qui viennent d'une fausse capacité,) les nouveaux Architectes mépriserent tout ce que l'usage avoit introduit de défectueux & d'impertinent, & ne songerent plus qu'à s'instruire dans l'examen des anciens Edifices qui restoient en Italie & particulièrement à Rome ; ils en mesurerent exactement les parties, & enchantez de l'harmonie qui regnoit entre elles, ils mirent toute leur application à recouvrer les regles que les Romains avoient apprises des Grecs, & heureusement ils trouverent dans Vitruve de quoi leur abreger beaucoup de chemin. Cet Auteur, qui est le seul qui nous reste des anciens, après avoir été fort negligé, fut enfin lû par les gens du métier : & comme si la Nature avoit voulu dédommager l'Architecture de l'injustice qu'on lui avoit faite pendant tant de siècles,

4 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

les Roys successeurs de François I. la reçurent avec tant d'acueil, & donnerent tant de marques de leurs bienfaits à ceux qui la cultivoient, qu'on vit en peu de tems des morceaux dignes des plus grands Maîtres; & les choses en sont venues à ce point, que si les Romains du tems d'Auguste pouvoient renaître, ils viendroient en France, pour y admirer ce qu'on ne trouvoit autrefois que chez eux.

Quoique j'aye suivi Vignole par préférence à cause de l'extrême facilité de ses mesures, je n'ai pas laissé, sans vouloir m'écarter de ses sentimens, de tirer des autres ce qui pouvoit corriger ou perfectionner certaines parties que cet Auteur avoit négligé ou rendu équivoques par le peu d'étendue qu'il donne à l'explication de ses principes; je n'ai pas voulu non plus comme lui me borner aux cinq Ordres, j'ai crû qu'il étoit à propos de les accompagner de toutes les regles particulières qui pouvoient y avoir raport, pour rendre ce sujet aussi instructif qu'on peut le souhaiter dans un ouvrage comme celui-ci, dont le principal objet n'est point de faire des Architectes, mais des Ingenieurs capables de tout ce qui regarde leur métier.

Quoique le mot d'*Ordre* en general puisse s'appliquer à une infinité de choses différentes, pour signifier qu'elles sont dans l'arrangement qui leur convient, les Anciens l'ont affecté particulièrement à l'Architecture, pour exprimer l'harmonie de plusieurs parties, qui par leurs dispositions font un tout qui plait, & surprend agréablement le coup d'œil: & comme les moulures & les ornemens dont on se sert peuvent s'employer de diverses manières, & en plus ou moins grande quantité, les Ordres ont été réduits à cinq, savoir le *Toscan*, le *Dorique*, l'*Ionique*, le *Corinthien*, & le *Composite*.

Les Grecs, qui ont inventé les Ordres, n'en ont jamais eu que trois, le *Dorique*, l'*Ionique*, & le *Corinthien*: les deux autres, c'est-à-dire le *Toscan* & le *Composé*, ont été imaginés par les Romains; qui n'en ont pas fait eux-mêmes grand cas; puisqu'au raport de plusieurs Auteurs célèbres, il reste peu de vestiges de l'Ordre *Toscan*, parce qu'ils l'ont trouvé trop grossier, & n'ont point employé séparément le *Composé*, ayant toujours donné la preference au *Corinthien*: en effet, il est bien mieux proportionné; car, comme le remarque Scamozzy, le chapiteau de l'Ordre *Composite* est trop massif, & ne s'accorde point avec la délicatesse des autres parties. Mr. de Chambray, dans son *Parallele de l'Architecture antique avec la moderne*, separe absolument les trois Ordres Grecs des deux Romains, & fait voir avec beaucoup de discernement, combien

bien ces Ordres sont inférieurs à la beauté des autres; car le Toscan ne peut être employé seul que dans les Ouvrages massifs & grossiers, quoiqu'on puisse s'en servir sans répugnance aux Portes des Villes, ou à quelque endroit qui demande du rustique. Le Composé étant pris des autres Ordres, & n'ayant rien de particulier, n'en devoit point faire un à part: l'on prétend même, que la licence que les Romains ont prise en imaginant cet Ordre, a été en partie cause de la confusion qui s'est introduite dans l'Architecture gothique; car l'amour de la nouveauté a fait qu'on ne s'en est pas tenu là, les ouvriers les plus ignorans s'étant crû en droit de faire tous les changemens dont ils ont pu s'aviser.

Pour dire un mot de l'origine des Ordres, l'on prétend que le Dorique fut inventé par un nommé Dorus, qui l'employa le premier dans Argos à la construction du superbe Temple qui fut érigé à la Déesse Junon, & qu'ensuite on en bâtit un autre dans Delos à Apollon, à l'occasion duquel on imagina les Triglyphes pour représenter la Lire dont ce Dieu étoit l'Inventeur.

L'Histoire ne nous apprend pas positivement quel est l'Auteur de l'Ordre Ionique: l'on sait seulement, qu'un nommé Ion Athenien fut choisi par ceux de sa Nation, pour être chef de treize colonies qui furent envoyées dans l'Asie mineure, où ils s'établirent dans la Carie nommée ensuite Ionie, pour faire honneur à Ion qui en avoit fait la conquête, & qui y fit bâtir treize grandes Villes, dont la plus considérable étoit Ephèse, où l'on éleva un Temple à Diane, dont l'Ordre étoit différent du Dorique; & comme ce Temple eut ensuite beaucoup de réputation, y ayant toute apparence que c'est celui qui a été brûlé par Erostrate, on nomma le dessein, selon lequel il avoit été construit, l'Ordre Ionique, pour marquer la Province où il avoit pris naissance.

Vitruve, en parlant de l'Ordre Corinthien, dit qu'il fut inventé par Callimachus Sculpteur Athenien, qui demettoit alors proche la Ville de Corinthe une des plus considérables de la Grece; & comme il y a apparence que c'est-là où cet Ordre fut mis en usage pour la première fois, c'est sans doute ce qui lui en a fait retenir le nom: d'autres prétendent que le chapiteau Corinthien tire son origine du Temple de Salomon; au reste, il en fera tout ce qu'on voudra: mais il faut convenir que l'Ordre Corinthien est le chef-d'œuvre de l'Architecture, & que tout ce qu'on a pu faire de mieux jusqu'ici a été seulement d'atteindre à la beauté que lui ont donnée ses premiers Inventeurs.

Les Romains, après s'être rendus Maîtres de l'Univers, enrichi-

6 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

rent Rome, non seulement de tous les Trésors que leur procurerent leurs conquêtes, mais introduisirent encore tout ce qu'ils trouverent d'admirable chés les étrangers, particulièrement leur maniere de bâtir, que des ouvriers leurs Esclaves leur enseignoient; & bien-tôt surpassant en magnificence toutes les autres nations, leurs édifices devinrent dans la suite les plus excellens modèles qu'on pût imiter: & pour encherir sur ce qu'ils tenoient des Grecs, ils voulurent se faire un Ordre plus riche que tous les autres; & comme de ce tems-là la matiere étoit déjà épuisée, ils prirent des autres Ordres ce qui leur parut de plus beau, & en firent celui qu'on a nommé depuis *Composé*. La seule Province de Toscane, ne voulant rien devoir aux Grecs ses plus cruels ennemis, inventa l'Ordre qui a depuis conservé son nom; & pour se passer absolument des autres, il fut le destituer d'ornemens, se contentant de décorer les Temples & les autres Edifices, qui devoient avoir quelque relief, de Colonnes sans pieds-d'estaux, & d'un simple Chapiteau surmonté par l'entablement, dont la corniche & les autres parties sont des plus unies.

Je viens de placer les Ordres dans le Rang qui leur convient le mieux, quoique cela ne tire ici à aucune conséquence; mais, quand il sera question de les décrire & de les expliquer en détail, je me conformerai à l'arrangement de Vignole, puisque c'est l'Auteur que je me suis proposé de suivre, c'est-à-dire, je commencerai par l'Ordre Toscan comme le plus simple, & qu'ensuite je rapporterai le Dorique, l'Ionique, le Corinthien, & le Composite pour le dernier.

Explication des Termes propres aux Ordres d'Architecture.

Quoique je donne à la fin du second Volume un Dictionnaire fort ample, pour expliquer tous les Termes d'Architecture, aussi-bien que les autres qui auront lieu dans les differens Traitez que l'on verra par la suite; j'ai cru qu'il étoit à propos de définir presentement ceux qui sont employés aux Ordres, afin qu'aidé de ce qu'on trouvera écrit sur les trois premieres Planches, l'on puisse se former une idée juste des propriétés de chaque moulure, & que se trouvant expliqués de suite, sans être interrompus par d'autres termes, comme cela arrive dans un Dictionnaire, on ait plus de facilité à les retenir.

Doucine, Cimaise, ou Gueule droite, est une moulure dont le contour a une sinuosité, ce qui fait que cette moulure change de nom suivant la situation où elle se trouve: quand la partie d'enhaut est concave

cave, elle se nomme *Gueule droite* ou *Doucine*; & quand elle est convexe, on la nomme *Gueule renversée* ou *Talon*.

Listeau, *Filet*, ou *Ourelet*, est une petite bande qu'on met entre les moulures pour les séparer, & empêcher qu'elles ne se confondent.

Ove, *quart de rond*, ou *échine*, est une moulure dont le contour est un quart de cercle, & qui fait une partie essentielle des ornemens.

Couronne, *Larmier*, ou *Gouttiere*, est un membre de la corniche, qui sert à faire écouler l'eau loin du mur, & on appelle *Mouchette* le petit rebord qui pend en bas.

Modillons, sont des pieces qui s'avancent sous le plafond des corniches pour en soutenir la saillie, & font un des plus beaux ornemens de cette partie de l'entablement; les Anciens s'en sont servis pour représenter des bouts de chevrons.

Astragale, est un petit membre rond, dont le contour a ordinairement la figure d'un demi-cercle: on l'appelle communément *Chapelet*, quand il est taillé en forme de petites boules, qui ressemblent à des grains de chapelet enfilés.

Denticule, est un membre quarré, recoupé par plusieurs entailles, qui semblent vouloir représenter des dents: elles s'emploient ordinairement dans la corniche Ionique & Corinthienne; Vitruve appelle *Metache* l'espace vuide qui est entre chaque Denticule.

Trigliphe, est un ornement composé de trois litels ou jambes, qui sont séparés par deux canelures: cet ornement ne s'emploie que dans la Frise de l'Ordre Dorique.

Metope, est l'espace entre deux Triglyphes; cet espace est ordinairement quarré, ayant autant de hauteur qu'il y a de distance d'un Trigliphe à l'autre.

Soffite, ou *Plafond*, est le dessous de ce qui est suspendu: ainsi l'on dit le *Soffite d'un Architrave* ou d'un *Larmier*.

La Frise, est une des principales parties de l'entablement, dont elle occupe le milieu, étant toujours entre la corniche & l'architrave: cette partie a été nommée *Frise*, à cause que les ornemens qu'on y fait ressemblent à de la broderie.

Architrave, est la premiere partie de l'entablement, posée sur les colonnes ou pilastres, ou simplement sur un mur de face, quand on veut le terminer par un entablement: l'Architrave à le bien prendre représente les poutres, dont les extrémités étant bien appuyées portent dans leur longueur les parties d'une façade, ou tout autre corps élevé verticalement; ainsi l'Architrave n'est autre chose que ce qu'on appelle communément *Sabliere* ou *Poitrail*.

Abaque, est une partie qui sert dans l'Ordre Corinthien à représenter

8 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

fenter la thuille qui couvroit le panier, autour duquel s'élevoient les feuilles d'Acanthe qui ont donné lieu à l'invention du Chapiteau de cet Ordre: les ouvriers l'appellent *Tailloirs*.

Volute est un ornement qui fait la partie essentielle du chapiteau Ionique: cette *Volute* est contournée comme une ligne spiralle, & a été imaginée par les Anciens pour représenter les boucles des cheveux qui pendoient aux côtes du visage des femmes.

Cathete de la Volute n'est autre chose qu'une ligne perpendiculaire, qui passe par l'œil de la volute, & sert à la décrire & à en déterminer la hauteur; l'on met aussi de petites volutes aux chapiteaux Corinthiens, mais celles-ci s'appellent *Helices*.

Galbe, on dit qu'un membre ou morceau d'Architecture se termine en forme de galbe, lorsqu'il s'élargit doucement par en haut, comme sont les feuilles d'une fleur.

Fust ou *Tige* d'une colonne, doit se prendre pour le corps de la colonne, depuis sa base jusqu'à son chapiteau.

Canelures sont des especes de côtes ou listaux exprimées sur une colonne, par le moyen des creux que l'on y pratique; ces canelures se font à vive arête dans l'Ordre Dorique; mais elles ne sont guère approuvées, à cause qu'elles sont trop foibles, par conséquent trop sujettes à être rompues.

Escape, Conge, ou Retraite, est un trait concave qui joint le nud de la colonne avec sa base ou son chapiteau: ce trait s'appelle aussi *Fruit* quand il s'agit de l'escape d'en bas, pour signifier que la colonne sort de sa base, commence à monter & à s'échaper en haut.

Base d'une Colonne est la partie sur laquelle elle est posée.

Tore est une espece de gros anneau dans la base d'une colonne, qui semble représenter les cercles de fer, dont on fortifie les extrémités des troncs d'arbres, qui servent à soutenir quelque corps fort pesant.

Scotie, c'est la partie creuse qui est entre deux tores, que les ouvriers appellent *Nacelle* à cause de sa cavité; l'on nomme *Cavet* la moitié de la *Scotie*.

La Plinthe est un membre quarré & plat, que quelques uns nomment *Orle* ou *Ourelet*: elle se trouve toujours dans les bases des colonnes.

Plinthe dans le chapiteau Toscan est la partie que l'on nomme *Tailloirs* dans ceux des autres Ordres.

Piédestal est un corps quarré de figure parallélipède, qui sert à élever une colonne ou une statuë au-dessus du rez-de-Chaussée: le *Piédestal* a sa base & sa corniche; & le corps parallélipède, qui est entre ces deux parties, est nommé *Tronc* ou *Dé* du *Piédestal*.

CHA-

CHAPITRE PREMIER.

Où l'on explique les propriétés des Moulures & de leurs Ornemens.

IL y a deux sortes de moulures, sçavoir les quarrées & les rondes; les quarrées sont faites avec des lignes droites, les rondes avec des portions de cercle ou autres lignes courbes: de ces moulures il y en a de grandes & de petites; les grandes sont les *Doucines*, *Oves*, *Gorges*, *Talons*, *Tores*, & *Scoties*; les petites sont les *Filets*, *Astragales*, & *Conges*: ces petites moulures servent à séparer & à couronner les grandes, pour leur donner aussi plus de relief & de distinction. Les unes & les autres se tracent différemment, selon la distance d'où elles doivent être vûës, puisque c'est de cette distance que dependent les saillies ou retraites qu'on leur donne.

PLANCHE.
37.

Les plus belles moulures sont celles dont le contour est parfait, comme le *Quart-de-rond* & le *Cavet*, qui se tracent par le moyen d'un quart-de-cercle, ainsi qu'on le peut voir dans les figures 6, 7, & 8. Le *Talon* & la *Doucine* marquez par les figures 9, 10, 11, & 12, ont aussi fort bonne grace; pour les tracer, il faut être prevenu qu'à ces quatre moulures, on leur donne autant de saillie que de hauteur, c'est-à-dire que AB est égal à BC , & qu'ensuite on tire la ligne AC , qu'on divise en deux également au point F ; sur chaque partie égale CF & FA comme base, on fait un triangle équilatéral, l'un en dehors, l'autre en dedans, afin d'avoir les points D & E , qui servent de centre pour décrire deux portions de cercles, qui composent ensemble la sinuosité de cette moulure, qui est la même dans les figures 9 & 10, l'une étant droite & l'autre renversée: les *Cimaifes* ou *Talons*, que l'on voit exprimés par les figures 11 & 12, se tracent aussi par le moyen du triangle équilatéral, avec cette différence cependant, que la portion du cercle GH qui répond à la partie saillante G , est convexe, & que l'autre qui répond à la partie rentrante I est concave, au lieu que dans les deux autres figures, c'est tout le contraire.

Le contour des astragales se fait ordinairement avec les trois quarts, ou les deux tiers, de la circonférence d'un cercle, au lieu que le gros & le petit tore sont formez par une demi circonférence.

Livre V.

B

ce

ce juste, ainsi qu'on le voit marqué aux figures 3 & 4; à l'égard de la *Scotie* & du *Tore corrompu* marquez par les figures 5 & 13, je ne sache point qu'on ait aucune regle geometrique, pour tracer la concavité de l'une & la convexité de l'autre; c'est à ceux qui font des modeles de profils de contourner ces moulures, de façon qu'elles ne fassent point un effet désagréable.

Pour faire de beaux profils, il faut prendre garde de ne les point trop charger de moulures, & n'en point repeter de semblables immédiatement l'une après l'autre; pour cela, il faut les mêler alternativement de quarrées & de rondes, de maniere que les grandes soient séparées des autres, par des petites, qui les fassent valoir par leur comparaison; de ces grandes moulures, il faut qu'il y en ait qui dominant comme le *Larmier* dans la Corniche, qui est la moulure la plus essentielle, évitant sur-tout l'égalité des moulures dans les profils, c'est pourquoi on les fait de différente hauteur, & pour donner là-dessus quelques regles générales, on aura attention, qu'une moulure qui en couronne une autre ne doit avoir pour hauteur que la moitié de celle qui est au-dessous, ni moins d'un tiers; de même le *Filet* sur l'*Astragale*, & l'*Astragale* sous l'*Ove*, ne doit être moindre du quart, ni plus haut que le tiers de l'*Ove*; mais on jugera mieux de toutes ces proportions, par celles qui accompagnent les profils que nous expliquerons par la suite.

Quant aux ornemens, il faut savoir les placer avec choix & avec goût; car comme il y a des parties qui sont ornées naturellement, à cause du beau mélange de leurs moulures, il seroit à craindre que si l'on vouloit y ajoûter quelque-chose, on fit naître la confusion plutôt que la bonne grace; il faut prendre garde aussi que les ornemens conviennent au genre de l'édifice, & faire en sorte qu'ils soient naturels, sans en faire d'imaginaires, de grotesques, & de bizarres: la nature fournit assés d'objets, sans qu'il soit nécessaire de faire travailler d'imagination; les fleurs, les animaux, & les fruits sont en assés grande abondance pour varier les sujets: le tout est de les placer aux endroits qui leur conviennent le mieux; & c'est en ceci, comme dans le reste, que l'Architecture ancienne est toujours admirable.

- Pour éviter la confusion, il faut que les ornemens soient interrompus, c'est-à-dire, qu'entre deux moulures ornées, il y en ait une lissée ou toute unie; & lors qu'il se rencontre deux moulures d'un même profil, les orner différemment, pour donner de la variété, faisant en sorte que chaque partie qui sert à la décoration soit ornée avec proportion, évitant qu'il y en ait d'entièrement nue,

tan-

tandis que les autres feroient enrichies avec profusion. Les ornemens doivent aussi convenir aux Ordres: les plus riches ne doivent être employés qu'aux Corinthien & Composé, & les moins recherchés à l'Ionique; à l'égard du Toscan & du Dorique, il faut que les moulures en soient unies, afin que tout réponde à la simplicité qui convient à ces deux Ordres. Pour le relief des ornemens il dépend de la grandeur des moulures, & de l'éloignement d'où elles seront vues, prenant garde que ceux des profils du dedans de l'édifice aient moins de relief que ceux du dehors; il faut aussi remarquer que les ornemens doivent être comme appliqués sur les moulures saillantes, sans qu'elles en diminuent la grosseur, lorsque ces moulures sont petites comme les *Astragales* ou *Baguettes*, au lieu qu'aux *Quarts-de-ronds* & aux *gros Tores*, qui sont de grosses moulures, les ornemens doivent être fouillez en dedans, autrement l'ouvrage seroit massif & pesant s'ils étoient par dessus; on fait tout le contraire pour les moulures creuses, comme pour les *Cavettes* & les *Scoties*, dont les ornemens doivent être comme appliquez sur le nud de leur contour & non pas creusés dedans, parce qu'ainsi on les voit distinctement.

Les ornemens en general peuvent se diviser en deux especes: ceux de la premiere, que l'on nomme *significatifs*, servent de simbole pour faire connoître l'Edifice: par exemple, si c'est un Monument élevé à la gloire d'un Heros, il est naturel d'y figurer quelques traits de son Histoire & d'y rapporter des marques de son Triomphe; ce qui ne peut guères se pratiquer que sur la Frise, à cause que ces sortes de choses ont besoin d'un certain espace pour être exprimées distinctement.

Les ornemens de la seconde espece sont ceux qui sont indifferens & qui s'appliquent sur les moulures sans aucune consequence; tels sont les *Oves* que l'on fait de plusieurs manieres, les *Rays de cœur*, les *Fleurs*, les *Feuilles*, & les *Fruits*, de diverses especes, & une infinité d'autres choses qui dépendent du goût & du choix: cependant, si ces ornemens ne sont menagez avec beaucoup de circonspection, les profils en deviennent plutôt confus & grossiers que riches & agréables; le tout est de faire en sorte que le coup d'œil soit satisfait, & qu'on aperçoive sans étude le dessein que l'on'a eû en vûe, & pour tout dire en un mot, il faut que les moins connoisseurs trouvent de quoi admirer, & soient ravis d'un certain étonnement qu'a coutume de produire ce qui est effectivement beau. Pour donner quelques exemples des ornemens qui ont été mis en usage avec plus de succès aux différentes moulures dont nous venons de parler, on a rapporté

sur la 38 & la 39^e Planches plusieurs desseins auxquels on pourra avoir recours dans l'occasion.

CHAPITRE SECOND.

De la connoissance des cinq Ordres en general.

POUR donner une idée des Ordres aux personnes qui ne les connoissent point, & leur faciliter la maniere de les distinguer, il semble qu'avant toute chose il faut faire voir en quoi ces Ordres different, & à quel signe on peut les reconnoître.

PLANCH.
37. 38.
& 39.

Si l'on considere la 37, 38, & 39^e Planche, l'on y verra les cinq Ordres raportés de suite, & l'on y remarquera que le Toscan se distingue des autres par sa simplicité, n'étant accompagné d'aucun ornement.

Que le Dorique se connoit par les Triglyphes qui servent à enrichir la Frise, étant l'Ordre seul où cet ornement se rencontre.

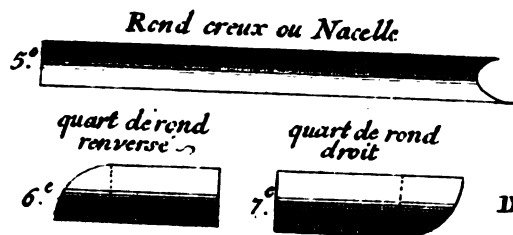
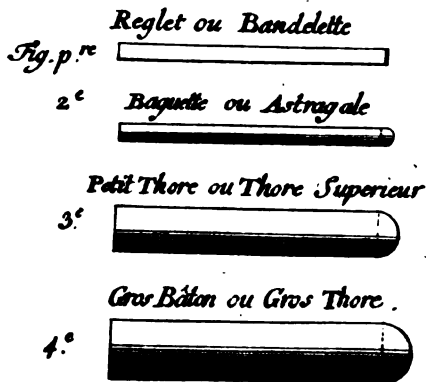
L'Ionique se fait connoître entre les autres par les Volutes qui accompagnent le Chapiteau des Colonnes.

Le Corinthien se connoit aussi par son Chapiteau, qui est orné de certaines Feuilles qui imitent celles que l'on nomme d'*Acanthe*: d'ailleurs comme cet ordre est toujours enrichi de plusieurs ornemens qu'on n'aperçoit point dans les trois précédens, il est aisé de ne pas s'y méprendre.

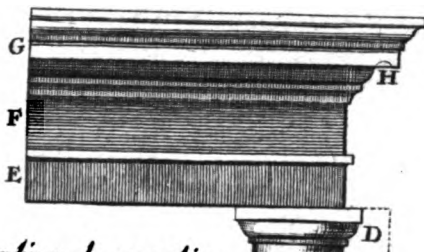
Enfin, on connoitra le Composé, en remarquant que son chapiteau participe des deux Ordres précédens, ayant les Volutes de l'Ionique & les Feuilles du Corinthien.

Il y a beaucoup de bâtimens, qui, sans avoir de Colonnes ni même de Pilastres, ne laissent pas de prendre le nom de quelqu'un des Ordres, parce qu'il suffit qu'ils ayent des parties qui en marquent le caractère; & ces parties sont les Entablemens, les Couronnemens de Façades, les grandes Portes &c. Par exemple, quand on voit des Triglyphes dans l'Entablement d'une Façade, on peut dire que cette Façade est décorée selon l'Ordre Dorique, ainsi des autres. Pour donner une idée moins superficielle des Ordres, j'ajouterai que chacun est ordinairement composé de trois parties, qui sont le *Pié-d'estal*, la *Colonne*, & l'*Entablement*, & que chacune de ces parties en comprend trois autres: par exemple, celles du pié-d'estal sont la *Baze*, le *Dé* ou le *Tronc*, & la *Corniche*; celles de la colonne, la *Baze*, le *Fût*

ou



Ordre Toscan

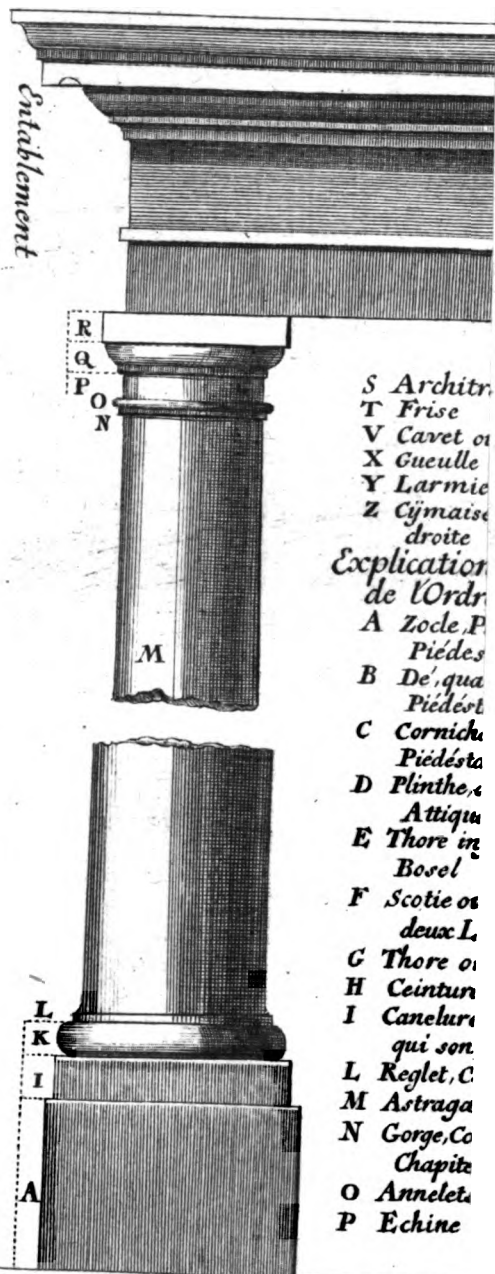


Explication des parties de l'Ordre Toscan

- A Piédestal ou Zocle
- B Base de la Colonne
- C Fust, Tronc, ou vif de la Colonne
- D Chapiteau de la Colonne
- E Architrave
- F Frise
- G Corniche
- H Larmier
- I Plinthe, Orle ou ourlet de la Base
- K Thore, Bâton ou Baguette
- L Conge, Naissance, Escape Ceintur, avec le Reglet, Listel ou Listeau du bas de la Colonne
- M Fust ou vif de la Colonne dont le Haut est diminué
- N Conge avec le listel ou Filet
- O Astragale
- P Gorge, Gorgierin, Collier, Collarin, ou Frise du Chapiteau
- Q Echine ou quart de Rond Ore ou Ouf avec son Filet
- R Abaque, Tailleoir, Plinthe Listeau, ou quarré.

Colonne Toscanne

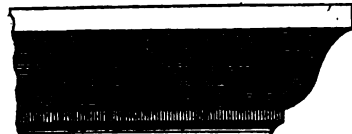
Ordre Toscan



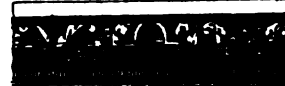
- S Architr.
 - T Frise
 - V Cavet ou
 - X Gueulle
 - Y Larmie
 - Z Cymaise droite
- Explication de l'Ordre*
- A Zocle, P.
 - B De' qua Piédest
 - C Corniche Piédesta
 - D Plinthe, Attiqu
 - E Thore in Bosel
 - F Scotie ou deux L.
 - G Thore ou
 - H Ceintur
 - I Canelure qui son
 - L Reglet, C
 - M Astraga
 - N Gorge, Co
 - O Anneleta
 - P Echine

La S.^e des Ing.^s Livre V. planche 39. page 12.

Doucine droite avec ses ornements



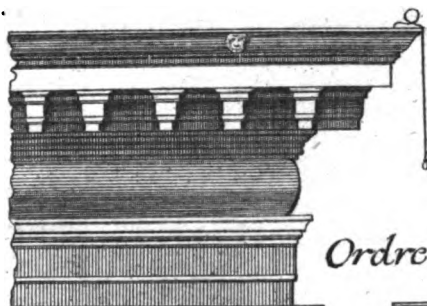
Thore Corrompu avec ses



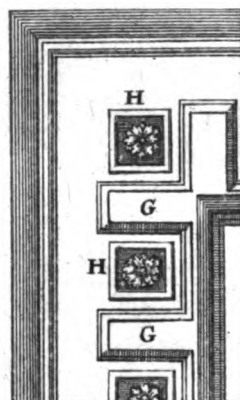
Astragale avec ses orna



Entablement Composite

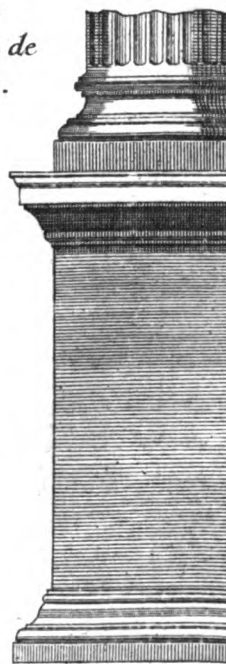


Ordre Composite



*Vue du dessous
de la Corniche de
l'Entablement.*

Colonne Composite Canelée



ou la *Tige*, & le *Chapiteau*; & celles de l'Entablement, l'*Architrave*, la *Frise*, & la *Corniche*.

Comme la hauteur du Piédestal & de l'Entablement doit dépendre de celle de la Colonne, Vignole, pour établir une règle générale qui puisse s'appliquer indifféremment à tel Ordre que l'on voudra, donne pour hauteur au Pié-d'estal le tiers de celle de la Colonne; & à l'Entablement le quart; ainsi ayant divisée la hauteur de la Colonne en 12 parties, il en prend quatre pour le Pié-d'estal, & trois pour l'Entablement, & de cette règle il tire un moyen fort aisé pour déterminer l'Ordonnance d'une Façade: car, toutes les fois qu'une hauteur est donnée, on n'a qu'à la diviser en 19 parties égales, & alors les quatre parties d'enbas servent pour le pié-d'estal, les trois de dessus pour l'Entablement, & les douze d'entre deux pour la hauteur de la Colonne.

Cependant, comme il arrive quelquefois, que dans la décoration des Façades, on ne fait point de Piédestal aux Colonnes; dans ce cas, Vignole divise la hauteur donnée en 5 parties égales, dont 4 servent pour la hauteur de la Colonne, & la cinquième partie détermine celle de l'Entablement, qui par ce moyen fera encore le quart de la hauteur de la Colonne.

Comme, dans tous les Ordres, la proportion des petites parties doit dépendre de celle des plus grandes, tous les Architectes, tant anciens que modernes, ont pris pour mesure commune le demi-diamètre de la Colonne qu'ils ont appelé *Module*; de sorte que quand on dit qu'une certaine partie d'Architecture a, par exemple, pour hauteur 5 modules, on doit entendre que cette hauteur est égale à 5 demi diamètres de la Colonne qui est employée dans l'Ordre dont ils s'agit: cependant, comme pour rendre les Colonnes plus agréables à la vûe, on leur a donné moins de grosseur vers les extrémités que dans le milieu; ce qui fait que n'étant point cylindriques, elles peuvent avoir plusieurs diamètres, il est bon de savoir pour ne pas s'y méprendre, que le demi-diamètre qui sert de module, est celui du cercle qui répond à la Base de la Colonne.

Les cinq Ordres augmentant de suite en beauté & en ornement, on les a fait aussi monter par degré en légèreté & en délicatesse: par exemple, les colonnes Doriques ont moins de grosseur par rapport à leur hauteur, que les Toscanes; & les Ioniques moins de grosseur à proportion de leur hauteur, que les Doriques; ainsi des autres. C'est pourquoi Vignole donne aux colonnes Toscanes 7 de leurs diamètres, ou 14 modules; aux Doriques, 8 de leurs diamètres, ou 16 modules; aux Ioniques, 9 de leurs diamètres, ou 18 modules;

B 3

aux

aux Corinthiennes & aux Composites, 10 de leurs diamètres ou 20 modules, donnant la même élévation à ces deux Ordres, quoiqu'il y ait des Auteurs qui en donnent davantage au Composite. Prévenu de ce que je viens de dire, quand on a trouvé de quelle hauteur doit être la Colonne par rapport à la Façade où elle doit être placée, en suivant la règle de Vignole, il est bien aisé d'en avoir le diamètre, & par conséquent le module, puisqu'il n'y a qu'à diviser la hauteur de la Colonne en autant de parties égales, qu'elle doit avoir de diamètre : & alors une de ces parties fera le diamètre qu'on cherche, dont la moitié pourra servir de module ; car l'on sent bien que chaque Ordre a son module particulier, qui est plus ou moins grand, selon que l'Ordre dont il s'agit est massif ou léger, & qu'il n'en est point de cette mesure comme du pied ou du pouce ordinaire, qui restent toujours de même. Or, pour rendre ceci plus intelligible, supposons qu'il soit question de décorer une Façade selon l'Ordre Dorique, il faut en mesurer la hauteur depuis le rez-de-Chaussée, jusqu'à l'endroit où doit se terminer le sommet de la Corniche de l'Entablement & diviser cette hauteur en 19 parties, dont il en faut prendre 12 pour la colonne pour tel Ordre que ce soit ; & ces 12 parties n'étant plus considérées que comme une seule grandeur, il faut la diviser en 8 parties égales, l'une desquelles fera le diamètre de la Colonne, par conséquent la moitié de ce diamètre sera le module pour régler les proportions de l'Ordre Dorique, relativement à la Façade que l'on veut décorer : or comme on aura connu en pieds & en pouces la hauteur de cette Façade, on pourra aussi si l'on veut rapporter la grandeur du module aux mesures ordinaires, & savoir par conséquent combien il contient de pouces, quoiqu'à le bien prendre cela soit assez inutile, puisque, comme je viens de le dire, cette mesure est particulière aux Ordres, & n'a rien de commun avec la toise.

Toutes les mesures en usage dans la société, ayant été divisées en plusieurs parties, pour les raisons que personne n'ignore, les Architectes ont aussi divisé leurs modules en un nombre de parties égales, les unes plus, les autres moins, selon qu'ils en ont crû tirer plus de commodité, quand ils ont été obligés de déterminer la grandeur des moulures & des autres petites parties, afin qu'elles eussent entre elles certaines proportions qui leur convinssent par rapport à l'harmonie qui devoit régner dans le tout : & Vignole à cela d'avantageux au-dessus des autres, c'est que les parties de son module ne sont point susceptibles de fractions embarrassantes ; l'on saura donc, que pour l'Ordre Toscan & le Dorique, il divise le module en 12 parties égales : mais, comme dans les trois autres Ordres, c'est-

c'est-à-dire l'Ionique, le Corinthien, & le Composite, il se rencontre des moulures encore plus petites que dans les précédens, il a divisé le module de ces trois Ordres en 18 parties égales, afin d'éviter les fractions qui se seroient rencontrées, s'il ne l'avoit été qu'en 12 parties.

Comme ce que je viens d'expliquer dans ce Chapitre suffit pour être prévenu de ce qu'il faut savoir afin d'entendre clairement ce que l'on verra dans la suite, je passe à la composition des Ordres, en commençant par le Toscan.

CHAPITRE TROISIÈME.

De l'Ordre Toscan.

DA N S l'Ordre Toscan le fust de la colonne a pour hauteur 6 des diamètres, c'est-à-dire 12 modules, & sa base & son chapiteau chacun un, ce qui fait en tout 14 modules comme nous l'avons dit dans le Chapitre précédent; dont le tiers, qui est de 4 modules 8 parties, est pour la hauteur du Piédestal, & le quart, qui fait 8 modules 6 parties, pour celle de l'entablement; ainsi toute la hauteur de la Façade, ou si l'on veut de l'Ordonnance, se trouve de 22 modules 2 parties, car il faut se rappeler que le module dans cet Ordre doit être divisé en 12 parties égales, & que ce sont ces parties qui vont servir à déterminer la proportion des moulures.

Comme nous allons donner les dimensions dont chaque Ordre est composé, & que les mêmes dimensions se trouvent exactement cotées sur les desseins, l'on pourra à l'aide du discours connoître plus distinctement qu'on ne l'a fait dans ce qui précède, la situation des moulures, leurs figures, & leurs noms; puisque chaque chiffre, dont on va faire mention dans l'explication, pourra servir en même tems à désigner celle dont on parle: par exemple, quand on dira que la Plinthe de la base du Piédestal Toscan est de 5 parties, il suffira de jeter les yeux sur cette base, pour voir que la moulure qui répond au chiffre 5 est nommée Plinthe; ainsi des autres qui se suivront immédiatement, ce qui contribuera fort à se rendre les termes familiers.

Piédestal Toscan.

L'on donne un demi-module ou 6 parties à la hauteur de la base du Piédestal dont il y en a 5 pour la Plinthe, & une pour le re-

PLANCH.
40.
FIG. 1.

glet: la saillie de la Plinthe est de 4 parties, & celle du reglet de 2. Quant à la largeur du Dé ou du Tronc, elle est de 2 modules 9 parties, & sa hauteur de 3 modules 8 parties.

La hauteur de la corniche est égale à celle de sa base, c'est-à-dire qu'elle est de 6 parties, desquelles on en donne 4 au Talon, & deux à la Bandelette ou Reglet: toute la saillie est de 4 parties, dont il y en a 3 & demi pour le Talon, 1 & demi pour le Reglet qui est au-dessus.

Colonne Toscane.

Cette Colonne à 2 modules par le bas & un module 7 parties par le haut, parce qu'elle va en diminuant depuis en bas jusqu'en haut & que cette diminution est de 2 parties & demi de chaque côté.

La base de la Colonne a 12 parties, dont il y en a 6 pour la Plinthe, 5 pour le Tore, & une pour l'Anneau: la saillie de la Plinthe & du Tore est de 4 parties & demi de chaque côté, celle de l'Anneau n'est que d'une partie & demi; à l'égard de l'Anneau & de l'Astragale qui sont au sommet du fût de la Colonne, la hauteur du premier est d'une demi partie, celle du second, d'une partie, la saillie de ce dernier est d'une partie & demi de chaque côté.

PLANCH.
41.
FIG. 1.

La hauteur du Chapiteau étant de 12 parties comme celle de la Base, le Gorgerin en a 4, l'Anneau une, l'Ove 3, l'Abaque 3, & le Reglet une; la largeur du Gorgerin est d'un module 7 parties, & par conséquent n'a point de saillie au-dessus du sommet de la Colonne, toute la largeur de l'Abaque est de 2 modules 5 parties, ainsi sa saillie est de 5 parties de chaque côté en y comprenant celle de son Reglet qui est au-dessus, la saillie de l'Anneau est d'une partie de chaque côté.

Entablement Toscan.

La hauteur de l'Entablement étant comme on l'a dit de 3 modules & demi, ou de 42 parties, l'Architrave doit en avoir 12 en y comprenant la hauteur du Reglet qui en a 2, la Frise 14: la Corniche qui comprend le Talon, le Larmier, & l'Ove, avec les Filets qui les accompagnent en a 16 parties, dont le Talon en a 4, le Filet au-dessus une demie, le Larmier 6, le Filet au-dessus une demie, l'Astragale qui est au-dessous de l'Ove une, & l'Ove 4; la Frise & l'Architrave n'ont point de saillies, l'un & l'autre devant répondre au vif du haut de la Colonne: toute la saillie de la Corniche est de 18 parties, chaque membre particulier a autant de saillie que de hauteur, excepté le Larmier dont la saillie est de 9 parties, (en y comprenant le

le Filet qui est au-dessous, quoique sa hauteur ne soit que de 6: & pour juger de l'effet que font toutes ces saillies, il suffira de considérer le dessein, où les proportions de toutes les parties sont exactement marquées. L'on creuse ordinairement dans le Larmier un Canal que les Ouvriers appellent *Mouchette pendante*, ce Canal se pratique, afin de rendre l'ouvrage plus léger, & pour empêcher que l'eau n'aille couler sur la Frise.

Quand on employe l'Ordre Toscan aux Portes des Villes ou à celles de quelques Edifices militaires, on peut, pour leur donner plus de majesté, revêtir les Colomnes de Bossages ou de Ceintures & de Bandes, pourvu qu'elles soient rustiques & sans sculpture: ce rustique se fait pointillé également, ou en tortillis comme les pierres mangées & moulignées par la Lune, ce qui peut être appelé *Rustique vermicule*; cependant, comme ces Bossages augmentent le module de la Colonne, & la rend plus courte qu'elle ne seroit si elle étoit toute unie, il est à propos de lui donner pour hauteur un peu plus des 7 diamètres.

Si l'on vouloit se servir de l'Ordre Toscan sans Piédestal, il faudroit diviser la hauteur donnée en 5 parties égales, dont il y en aura 4 pour la hauteur de la Colonne y compris sa Base & son Chapiteau, & pour la hauteur de l'entablement, une. Or si l'on divise ensuite la hauteur de la Colonne, c'est-à-dire les quatre cinquièmes de la hauteur qu'on veut donner à l'Ordonnance en 14 parties égales, une de ces parties servira de module: ainsi le Fust de la Colonne aura comme cy-devant 12 modules, la Base & le Chapiteau chacun un; & comme le quart de 14 est 3 & demi, il s'ensuit que l'Entablement aura encore 3 modules & demi de hauteur, & toute l'Ordonnance 17 & demi.

Mr. de Chambray, en parlant de l'Ordre Toscan, dit que la Colonne sans aucun Architrave est la seule piece qui mérite d'être mise en œuvre, & qui peut rendre cet Ordre recommandable: il fait ensuite la description de la Colonne *Trajane*, dont il remarque l'excellence, & qu'il croit avoir servi de regle à la Colonne *Antonine*, & à une autre qui fut élevée dans Constantinople à l'honneur de l'Empereur Theodose. Pour cette dernière, elle est des plus belles, non-seulement parce qu'elle est bien proportionnée, mais par l'ouvrage en bas relief dont elle est entourée depuis le bas jusqu'en haut, où l'on voit la description du triomphe de cet Empereur après avoir vaincu les Scites. J'en ai une Estampe, qui a bien 25 pieds de longueur sur 2 de hauteur, gravée sur le dessein d'un R. P. Jesuite qui l'a fait à Constantinople d'après l'original. Cependant, selon Felibien,

18 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

il y a aparence que la Colonne Trajane n'est pas la premiere que l'on a dressée à l'honneur de grands hommes; puisqu'il n'y a pas longtemps que l'on voyoit à Rome une petite Colonne Toscane, sur laquelle étoit la figure d'un Corbeau avec ce mot au-dessous (*Corvin*), qui marque selon toute aparence que cette Colonne fut élevée à Valerius Maximus, après l'action qu'il fit à la vûe de l'Armée des Gaulois & de celle des Romains, où il accepta le deffi d'un géant qui sortit de l'Armée ennemie, qu'il combatit & vainquit avec le secours d'un Corbeau qui vint se placer sur sa tête, ce qui lui fit prendre ensuite le surnom de Corvinus: & comme, suivant l'Histoire Romaine nouvellement mise au jour par les R. R. P. P. *Catrou & Rouillé*, de la Compagnie de Jesus, cette action mémorable est arrivée l'an 404. de la Fondation de Rome, l'on voit combien cette Colonne est plus ancienne que la Trajane.

Voyez
l'Histoire
citée To.
4. p. 232.

CHAPITRE QUATRIEME.

De l'Ordre Dorique.

LA hauteur de toute la Colonne de cet Ordre, y compris la Base & le Chapiteau, selon Vignole, est de 16 modules, dont il y en a un tiers, c'est-à-dire 5 modules 4 parties, pour le Piédestal, un quart pour la hauteur de l'entablement qui sera par conséquent de 4 modules, & le module est encore divisé en 12 parties comme pour l'Ordre Toscan.

Piédestal Dorique.

PLANCHE
40.
Fig. 2.

La hauteur du Piédestal étant de 5 modules 4 parties, on en donne 10 à la Base & 6 à la Corniche; ainsi le Dé ou Tronc se trouve de 4 modules de hauteur.

Des 10 parties de la Base on en donne 4 au Socle, deux & demi à la Plinthe, 2 au Talon renversé, une à l'Astragale, & une & demi au Filet.

La saillie du Socle est de 4 parties & demi, celle de la Plinthe de 4, celle du Talon renversé de 3 & demi, celle de l'Astragale de 2, & celle du Filet d'une, & la largeur du Dé se trouve de 2 modules 10 parties.

Des 6 parties qui composent la hauteur de la Corniche, on en donne 1 & demi au Talon, 2 & demi à la Gouttiere, une demi au Filet, une à l'Ove, & une demi au Reglet.

La

La saillie de la Corniche est égale à sa hauteur; c'est-à-dire qu'elle est de 6 parties, dont il y en a 1 demi pour celle du Talon, 4 pour celle de la Gouttière, & 6 pour celle du Reglet & de l'Ove qui est au-dessous.

Colonne Dorique.

De 16 modules que l'on donne à la hauteur de la Colonne, il y en a une pour la Base & une autre pour le Chapiteau: ainsi il reste 14 modules pour le Fust, & la diminution de cette Colonne par le haut est de 4 parties, deux d'un côté, & deux de l'autre; par conséquent, le vif de cette Colonne est d'un module 8 parties.

La Base étant de 12 parties, on en donne 6 à la Plinthe, 4 au Tore, une à l'Astragale, & une au Reglet ou Anneau: sur quoi il faut remarquer, qu'il n'y a que dans l'Ordre Toscan & le Dorique, où le Filet fait partie de la Base; car, dans les trois Ordres suivans il appartient au Fust de la Colonne.

La largeur de la Plinthe aussi-bien que celle du Tore est de 2 modules 10 parties, parce que ces deux membres n'ont point de saillie au-dessus du Dé du Piédestal; mais, celle de l'Astragale est de 2 parties 3 quarts au-dessus de la Colonne, & celle du Filet 2.

Ayant compris dans la hauteur du Tronc de la Colonne, l'Astragale & le Filet qui se trouvent au sommet, on doit dans cet Ordre aussi-bien qu'au Toscan séparer ces deux moulures du Chapiteau; ainsi il suffira de dire que le Filet est d'une & demi partie, & l'Astragale d'une, & que la saillie de l'Astragale est de 2 parties, & celle du Filet d'une & demi.

La Colonne commence à diminuer au tiers de sa hauteur, ou même dès le pied, auquel cas on lui donne 2 modules & 2 parties pour le diamètre qui répond au tiers de la hauteur, afin de la faire renfler d'une partie de chaque côté: nous parlerons dans la suite de la manière que se trace la diminution & le renflement.

De 12 parties que le Chapiteau a de hauteur, on en donne 4 au Gorgerin & une demi à chacun des trois Reglets ou Anneaux qui sont immédiatement après, 2 & demi à l'Ove qui est au-dessus, 2 & demi à la Gouttière de l'Abaque, une au Talon, & une demi au Reglet.

La saillie du Reglet de l'Abaque a 5 parties & demi de chaque côté, ainsi toute sa largeur sera de 2 modules 7 parties; la saillie des 3 Reglets est d'une partie, celle de l'Ove est égale à sa propre hauteur, celle de la Gouttière est de 4 parties, & la largeur du Gorgerin est égale à celle du haut de la Colonne.

C 2

Le

PLANCH.
41.
FIG. 2.

20 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

Le Reglet, le Talon, & la Goutière de l'Abaque doivent être quarrés dans tous les Ordres, & les autres membres arrondis comme le Fust de la Colonne.

Quand on veut embellir cet Ordre & lui donner plus de délicatesse, il faut canneler les Colonnes de 20 canelures à vive arrête; c'est-à-dire par des canelures qui ne soient point séparées avec des Reglets de la manière que nous l'expliquerons plus particulièrement dans la suite: on peut aussi tailler des Roses ou Fleurs, ou même des Feuilles dans le Gorgerin; &, pour donner plus de grace, au lieu de faire 3 Filets au haut du Gorgerin, n'en faire qu'un, & changer les deux autres en un Astragale retillé d'olives & de patenotres, & refendre l'Ove de 20 œufs qui doivent répondre à plomb sur les arrêtes des canelures: les olives de l'Astragale doivent aussi être au nombre de 20. & répondre justement sous les œufs de l'Ove.

Entablement Dorique.

La hauteur de l'Entablement étant de 4 modules ou de 48 parties, l'on en donne 12 à l'Architrave, 18 à la Frise, & 18 à la Corniche; & comme cet Entablement est orné de plusieurs petites parties qui demandent d'être bien détaillées pour être exécutées avec précision, nous allons faire en sorte de ne rien négliger.

Les Goutes au-dessous des Triglyphes sont toujours au nombre de 6, disposées de façon que leur intervalle en occupe la largeur: ces Goutes sont faites en forme de Clochettes, leur saillie est égale à leur hauteur, l'une & l'autre étant d'une partie & demi, sont couronnées par un Fillet qui a pour hauteur une demi partie, au-dessus duquel est un Reglet de 2 parties, & dont la saillie est d'une partie.

Les Triglyphes sont élevés dans la Frise de toute sa hauteur, & ont par conséquent 18 parties, leur largeur est de 12 parties, ils sont refendus de 2 Canaux, qui ont chacun 2 parties séparées par 3 Arêtes, qui ont aussi 2 parties de largeur & une de saillie, accompagné par chaque côté d'un demi canal, le creux des canaux est en angle droit, leur hauteur est de 16 parties. J'ajouterai, que la distance d'un Triglyphe à l'autre est ordinairement égal à la hauteur de la Frise, c'est-à-dire de 18 parties: cet espace, que l'on nomme *Metope*, est orné quelquefois par des noms en chiffres, ou par quelque autre dessein fait à fantaisie, mais qui doivent être simples.

De 18 parties que comprend la Corniche, il y en a 2 pour le Reglet qui sert de Chapiteau aux Triglyphes, 2 pour le Talon, un demi

demi pour le Filet qui est au-dessus, 3 pour la Bandelette qui est refendue par des Denticules, au-dessus desquelles est une petite Ove d'une demi partie: la largeur des Denticules est de 2 parties, leur intervalle d'une partie & demi, la Goutière de 4, le Talon de 2 & demi, le Filet d'une demie, le Cavet de 3, & le Reglet d'une partie.

Toute la faillie de la Corniche est de 2 modules ou de 24 parties; surquoi la Bandelette des Denticules en a 6, le Larmier 14, faisant attention que les Denticules sont quarrées par le bas, ayant autant de faillie que de largeur; à l'égard des faillies des autres moulures, elles sont égales à leur hauteur, comme on le voit marqué dans le dessin.

L'on taille ordinairement le Plafond de la Goutière, pour y pratiquer un Canal & des Gouttes, afin de l'orner & de le rendre plus léger.

Vitruve ne met point de différence entre le Chapiteau Dorique & le Toscan en ce qui regarde les mesures, il se contente seulement d'y ajouter quelques ornemens pour le rendre moins nud; mais Vignole, & tous les autres Architectes qui sont venus après, n'ont point suivi cette conformité, & ont tous donné au Chapiteau Dorique à peu-près les mêmes proportions que nous avons rapportées ici.

Vignole a tiré du Théâtre de Marcellus le dessin de l'Ordre Dorique que nous venons de donner pour exemple, surquoi Mr. Daviler remarque, que Vitruve n'a point été l'Architecte de ce Monument; comme plusieurs l'ont prétendu, parce que cet Auteur étoit contemporain d'Auguste, dont il étoit l'Ingenieur: d'ailleurs, il est à présumer, que s'il y avoit eû part, il en auroit fait mention dans son Livre; mais, ceci est de peu d'importance: on remarquera seulement, que Vignole ne s'est pas attaché absolument à suivre les proportions du Théâtre de Marcellus, parce que s'étant aperçu que les membres de chaque partie n'étoient pas assés bien proportionnez entre eux, il a fait les changemens qu'il a jugé les plus nécessaires; par exemple, ayant trouvé que la Corniche n'étoit pas assés élevée, il a ajouté quelques moulures au-dessous du Larmier, & par-là la hauteur de la Corniche se trouve égale à celle de la Frise, ce qui lui donne plus de grace & de dégagement: d'ailleurs, la plate-bande, qui sert ici de Chapiteau aux Triglyphes, fait partie de la Corniche, & non pas de la Frise, ce qui est tout le contraire dans les dessins que nous avons de ce Théâtre.

Vignole rapporte encore un autre Entablement de l'Ordre Dorique, qu'il a tiré à Rome de plusieurs Fragmens antiques, & que

l'on peut voir sur la Planche 48. qu'il est peu différent de celui dont nous venons de parler : tout ce qu'on y trouve de plus remarquable, c'est qu'on n'y voit point de Denticule.

CHAPITRE CINQUIÈME.

De l'Ordre Ionique.

AYANT fait remarquer dans le second Chapitre, que les Triglyphes étoient des membres qui appartenoient particulièrement à l'Ordre Dorique, & qui servoient à le faire reconnoître entre les autres, de même que les Volutes du Chapiteau Ionique étoient affectées à cet Ordre, ce qui sert à le distinguer aussi des autres; j'ajouterai ici que les Volutes ont été regardées par les Anciens comme exprimant les coëffures des anciennes Dames de la Grece, & que les canelures des Colonnes avoient été faites à l'imitation des plis de leurs robes: il y a des Auteurs, qui ne sont point de ce sentiment, & qui veulent que les Volutes aient été faites pour représenter les pentes roulées des coussinets que l'on feignoit avoir mis sur la tête des *Cariatides*, pour leur donner moins de peine à porter le poids des Architraves; mais, ce qu'il y a de certain, c'est que l'Ordre Ionique a toujours été regardé des Grecs, & des Romains, comme étant le symbole du beau sexe.

Piédestal Ionique.

La hauteur du Piédestal qui est de 6 modules se partage, en sorte que la Base ait un demi-module & la Corniche autant, ainsi il reste 5 modules pour la hauteur du Dé.

PLANCH.
40.
FIG. 3.

La Base est composée d'une Plinthe de 4 parties, d'un Filet de deux tiers, d'une Doucine de 3 parties, & d'une Astragale d'une partie & un tiers.

La saillie de la Plinthe est de 8 parties, celle du Filet de 7, & celle du centre de l'Astragale de 6.

La largeur du Dé doit être de 2 modules 14 parties, ses moulures sont les Reglets du dessous & du dessus avec leurs Chamfrains qui ont chacun une partie, la saillie du Reglet d'enbas est d'une partie, & celle d'enhaut de deux.

Les

Les moulures de la Corniche font l'Astragale, qui a une partie, l'Ove en 3, la Gouttière aussi 3, le Talon 1 & un tiers, & le Reglet 2 tiers seulement, la saillie de toute la Corniche est de 10 parties, celle de la Gouttière de 8, & celle du haut de l'Ove 5.

Colonne Ionique.

La Base de la Colonne a pour hauteur un module, elle est composée de la Plinthe qui a 6 parties, de l'Orle ou Anneau qui n'a qu'un quart, de la Scotie qui a 2 parties, d'un autre Anneau d'un quart, ensuite sont 2 Astragales immédiatement l'un sur l'autre qui ont chacun une partie, au-dessus est encore un Orlet d'un quart de partie, & une Scotie de 2 parties, un Filet d'un quart, le tout terminé par un Tore de 5 parties.

Toute la saillie de la Base est de 7 parties de chaque côté afin que la largeur ou le front de la Plinthe soit le même que le front du Piédestal que nous avons dit cy-devant être de 2 modules 14 parties, la saillie de l'Orle qui est sur la Plinthe est de 6 parties & demi, celle des 2 Astragales & du Tore de 5, & celle du Reglet qui est sous le Tore de 2 & demi.

La hauteur du Fust de la Colonne est de 16 modules 6 parties, le Reglet ou Orle de dessous avec son Conge ou Cavet 1 partie & demi, le Tronc de la Colonne 16 modules & une partie & demi, l'Orle de dessus avec son Conge 1 partie, & l'Astragale 2 parties.

PLANCH.

41.
FIG. 3.

La saillie des Orles avec les Chamfarins, est de 2 parties, & celle de l'Astragale de 3 : la largeur de la Colonne par le bas est de 2 modules qui se conduit également jusqu'au tiers de la hauteur, d'où elle est insensiblement diminuée jusques sous l'Orle de dessus, où sa largeur est réduite à un module & 12 parties, afin que la diminution soit de 3 parties de chaque côté.

Si l'on veut canneler les Colonnes Ioniques, il faut premièrement faire le plan du Fust à l'endroit de la base, c'est-à-dire qu'on tracera un cercle dont le diamètre sera de 2 modules, ensuite on en divisera la circonférence en 24 parties égales, tel que *AB* qu'il faut partager chacune en 5 autres parties, aux points 1, 2, 3, & 4, & l'une de ces parties comme *C*, marque l'épaisseur des côtés ou listels des Cannelures, & les autres 4, comme *A4* ou *BD*, déterminent le creux ou le fond qui se fouille dans le vif de la Colonne en forme d'un demi cercle, qui auroit pour diamètre l'intervalle *A4* ou *BD*; ses moulures sont conduites depuis le pied de la

FIG. 6.

Co-

Colonne jusqu'au dessous de l'Orle supérieure, en sorte que les lignes montantes suivent toujours entre elles le contour de la diminution de la Colonne, pour s'approcher avec la même proportion; ainsi la Colonne se trouve cannelée agréablement, & suivant les règles de la bonne Architecture, avec 24 creux & autant de cannelures qui seront chacune égale au quart de la largeur du creux, quoi qu'elles puissent être quelquefois plus grandes, en sorte néanmoins qu'elles ne passent jamais au-dessus du tiers, & jamais au-dessous du cinquième du même creux, qui sont les termes que les Anciens se sont prescrits dans leurs cannelures.

Chapiteau Ionique.

FIG. 3.
& 8.

La hauteur du Chapiteau se fait de 12 parties, non compris la pente des Volutes, ses moulures sont l'Ove qui a 5 parties, la Platte-Bande des Couffinets des Volutes 3, la Bandelette ou Bordure 1, la Cimaïse ou Talon de l'Abaque 2, & la Règle de l'Abaque 1.

Toute la saillie de l'Ove est de 7 parties, celle de l'Abaque en a 5, celle des bordures des Volutes 4 & demi, & celle du fond ou creux de la Platte-Bande du Couffinet des Volutes sur l'Ove 6 & demi.

La perpendiculaire, ou Catele CD de l'œil des Volutes, passe par le milieu AB de toute la saillie de l'Abaque: sa longueur FD sous l'Abaque est de 16 parties, & le centre E de l'œil se prend sur la 9^e. en sorte qu'il y a 9 parties de F en E , & 7 de E en D . On verra par la suite comme on trouve dans l'œil de la Volute les centres qui servent à la former, aussi-bien que ceux qui donnent les Arcs de la bordure ou Volute intérieure.

Toute la face ou largeur de l'Abaque est de 2 modules 4 parties, celle des Volutes par devant, & par derrière, est de 2 modules 11 parties, comme on le peut voir dans la figure 8 de la Plaque 40, qui représente tout le Chapiteau vu par le dessous: la largeur de la face des côtés du Chapiteau est d'un module 17 parties, la largeur de la Ceinture qui est entre les Balustres, ou qui attache le Couffinet des Volutes sur les côtés, est de 6 parties, avec un Filet de part & d'autre de 1 partie, elle prend son origine sous le Talon de l'Abaque, d'où elle descend insensiblement sur la partie de l'Ove, qu'elle embrasse de-là avec un contour agréable, jusques sur l'Orle supérieur du Fust de la Colonne; d'où enfin elle remonte en s'arrondissant en dedans sur l'Astragale, pour se venir perdre au-dessous de l'Ove, les extrémités des Balustres sont enfermées d'un Ruban

ban ou Orle, qui a pour largeur 2 parties, enfin on taille des œufs dans l'Ove qui répondent au vif des Cannelures. Tout ceci s'entendra parfaitement si l'on considère les desseins qui sont relatifs à ce discours.

Scamozzy fait le Chapiteau Ionique différent de celui de Vignole, comme on en peut juger par la figure 7^e. de la 41^e. Planche & la 9^e. de la 40^e. Ce Chapiteau a fort bonne grace & paroît approuvé des meilleurs Architectes; & afin d'être mieux instruit des particularités qui lui appartiennent essentiellement, voici l'Explication qu'en donne Scamozzy lui-même dans le Chapitre 23 du 6^e Livre de son *Idee generale d'Architecture*, où, après avoir décrit le Chapiteau Ionique ordinaire, il continue en ces termes.

PLANCH.
41.
FIG. 7.
PLANCH.
40.
FIG. 9

„ Il faut à présent, dit-il, expliquer un autre Chapiteau Ionique
„ de nôtre Invention, imité de l'Antique & de Vitruve en partie, qui
„ est différent des autres qui ont été faits jusqu'à présent, en ce que
„ l'Abaque est dégagé pardessous, que les Volutes sont angulaires,
„ que les 4 faces en sont égales, & qu'il a beaucoup de raport à la
„ partie supérieure du Chapiteau Corinthien: il est si regulier en
„ ses parties, & réussit avec tant de grace, qu'il a été mis en œuvre
„ à la plupart des Bâtimens que nous avons faits.

„ Son Plan quarré a un module & un tiers à chaque face, il y
„ faut tracer des lignes diamétrales & d'autres diagonales qui se croi-
„ sent & qui se divisent en 8 parties égales: du centre on décrit la
„ circonference du diamètre supérieur & celle du Lisseau & de
„ l'Astragale.

„ Ensuite sur chaque diagonale il faut tracer à l'équerre une ligne
„ distante du centre d'un module moins un huitième, ainsi la diagonale
„ reste en tout longue d'un module 3 quarts: cette ligne à cha-
„ cune des extrémités des diagonales, fait les cornes de l'Abaque qui
„ ont 2 parties trois quarts de largeur, les 8 angles touchent les 4 côtés
„ du quarré, & sur un des côtés d'un des points qui le touche
„ il faut prendre la Base d'un triangle équilatéral & de son sommet,
„ tracer la ligne courbe de la face de l'Abaque, la profondeur de cette
„ courbe sera de 2 douzièmes & demi de module, de sorte que d'une
„ courbure à l'autre, il y aura un module & un douzième comme nous
„ avons dit cy-devant, ce qui peut encore servir pour faire l'Abaque
„ quarré.

„ Au milieu de chaque face de l'Abaque, il faut mettre une
„ Fleur large d'un cinquième module ou de 3 parties, de 2 cinquièmes
„ des 18, depuis l'extrémité de l'Astragale jusqu'à celle de la corne
„ de l'Abaque, il y aura 7 parties de largeur, le dessous des

Livre V.

D

Volu-

26 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

„ Volutes est de 2 parties & 3 quarts vers le devant, & elles s'élar-
 „ gissent en dedans, & s'éloignent de l'Ove & entrent deffous l'Aba-
 „ que ; sous les Fleurs regne l'Ove qui faille à chaque face de demi
 „ partie plus que la courbure de l'Abaque, ce qui est pour le Plan.

„ La hauteur de ce Chapiteau avec ses Volutes est de 9 parties
 „ & 5 huitièmes des 18 du bas de la Colonne, nous nous servons
 „ de ces mesures pour faire la division & donner les hauteurs des
 „ parties. L'Abaque a de front un module & un tiers, sa hauteur
 „ est d'une partie & de 5 huitièmes, qui comprennent le Filet & le
 „ Talon qui a une partie de faillie égale à sa hauteur, sous l'Aba-
 „ que le Listeau & la Volute a une partie, & le membre creux de
 „ la Volute qui pose sur l'Ove une partie & demi.

„ L'Ove a 2 parties de ce membre creusé qui est à la Volute &
 „ finit sur l'Astragale qui détermine le haut du Fust de la Colonne,
 „ il y a un module & un neuvième de diamètre, l'Astragale a une
 „ partie de hauteur & répond à l'œil de la Volute, le Listeau au-
 „ deffous à 2 cinquièmes de cette partie, & ses membres doivent
 „ être toujours dégagés des Volutes qui pendent plus bas que le
 „ Listeau de 2 parties 2 cinquièmes.

„ Les Volutes depuis le deffous de l'Abaque ont 8 parties de haut,
 „ 7 de large, & leur épaisseur sous la corne de l'Abaque est de 2
 „ parties 3 quarts, elles commencent à côté de la Fleur sur l'Ove &
 „ se vont courber sous la corne de l'Abaque, l'œil de la Volute qui
 „ est d'une partie doit être de niveau avec l'Astragale ; dans le milieu
 „ de l'œil on fait un quarré plus petit de moitié que le diamètre &
 „ parallele aux lignes croisées : les diagonales de ce quarré se divi-
 „ sent en 6 parties égales qui font en tout 12 centres pour les tours
 „ de la Volute, il faut prendre garde que les centres angulaires
 „ sont éloignés entr'eux d'une demi partie, ceux des lignes du
 „ quarré d'un tiers de partie, & ainsi la Volute diminue dans les
 „ trois tours de ses 12 quartiers.

„ Il y a 4 parties & demi depuis le centre de l'œil jusques sous
 „ l'Abaque, & 4 depuis le centre jusqu'au dehors de la Volute qui
 „ est à plomb sous la face de la corne de l'Abaque, il y en a 3 & de-
 „ mi de ce même centre jusqu'au bas de la Volute ; ainsi elle di-
 „ minuë de 2 parties dans le premier tour, c'est-à-dire une demi
 „ partie pour chaque quartier ; & dans le tour elle diminuë de 2
 „ tiers de parties, c'est-à-dire d'un sixième pour chaque quartier,
 „ de sorte que c'est 4 parties pour les trois tours qui sont dans l'es-
 „ pace contenu depuis le deffous de l'Abaque jusques sur l'œil.

La

Entablement Ionique.

La hauteur de l'Architrave se fait d'un module 4 parties & demi, on donne 4 parties & demi à la première Platte-Bande, 6 à la seconde, 7 & demi à la troisième, 3 au Talon, & une & demi à la Règle.

La première Bande répond au vif de la Colonne, la saillie de chacune des 2 autres est d'une partie, la Règle & le Talon en ont cinq. PLANCH. 41.
FIG. 3.

La Frise a pour hauteur un module & demi, elle se fait à plomb & répond au vif du haut de la Colonne, de même que la première Platte-Bande, l'on peut y entailler des ornemens composés de Figures, de Fleurs, ou de Feuilles.

La hauteur de la Corniche est d'un module 13 parties & demi, ses moulures sont composées d'abord d'un Talon qui a 4 parties, de la Règle qui en a 1, de la Bandelette des Denticules qui en a 6, d'un Filet qui a une demi partie, d'un Astragale d'une partie, de l'Ove qui en a 4, du Larmier qui en a 6, d'un Talon au-dessus qui en a 2, d'un Filet qui en a une demi, de la Doucine qui a 5 parties, & de la Règle qui en a 1 & demi.

Toute la saillie de la Corniche est de 31 parties, celle de la Règle est de 5, surquoi il faut en ajouter 4 pour la saillie des Denticules, 4 & demi pour celle de l'Ove, 10 pour celle de la Gouttière, 2 & demi pour le Filet, & 5 pour la saillie de la Règle.

La hauteur des Denticules se fait de 6 parties, leur largeur de 4 sur autant de saillie, & espacées de 2 parties : sur le haut du vuide de ces intervalles, on laisse en dedans une Règle qui a pour hauteur une partie & demi.

Quand on fouille des Feuillages sur le Talon des Cimaïses, des œufs dans l'Ove, & des grains d'Olive ou de Patenotres dans les Astragales, on le doit faire de manière que les Olives répondent à plomb sous les œufs, & les œufs sous les Denticules, aussi-bien que les Tiges des Feuillages de la Cimaïse.

Manière de tracer la Volute Ionique.

Plusieurs sçavans Architectes ont cherché des méthodes pour tracer la Volute Ionique, afin de lui donner cette forme agréable qu'on remarque dans les Chapiteaux antiques ; car l'on a ignoré jusqu'ici de quelle manière les Anciens s'y sont pris, ne nous étant resté que les Ecrits de Vitruve qui ne satisfont point assez, ce qui a été cause qu'on

28 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

qu'on a regardé long-tems la Description de la Volute comme un Problème fort intéressant. Vignole en donne deux solutions différentes dont la pratique est aisée, mais peu exactes, ainsi que plusieurs autres, dont je ne ferai pas mention.

Le plus sûr moyen d'instruire un Lecteur à peu de frais, étant de lui mettre d'abord sous les yeux ce qu'il y a de meilleur, je me contenterai de rapporter seulement la Volute de *Goldman*, qui est la plus estimée de toutes celles qu'on a imaginées jusqu'ici, parce qu'elle se décrit Géométriquement aussi-bien que le Listel ou Volute intérieure.

PLANCH.
42.
FIG. 5.

Suposant qu'on a déterminé la grandeur du module qui doit servir à régler l'Ordonnance Ionique, on le divisera comme je l'ai déjà dit en 18 parties égales, on tirera une ligne AB , à laquelle on donnera 16 de ces parties, ou si l'on veut un module moins 2 parties, ensuite on déterminera dans cette ligne le point E en sorte qu'il soit éloigné de 9 parties de l'extrémité A , & de 7 de l'extrémité B . Ce point sera le centre de l'œil de la Volute, & pour avoir cet œil, on décrira un Cercle qui aura pour centre le point E , & pour rayon une partie, alors le diamètre CD sera de 2 parties, la ligne CA de 8, & la ligne DB de 6, ainsi que le prescrit Vignole.

Cela posé, il faut diviser les demis diamètres EC & ED , en 2 également aux points 1 & 4, & sur la ligne 1. 4, qui sera égale au rayon, faire le quarré 1. 2. 3. 4, dont le côté 2 & 3 touchera la circonférence du Cercle, on tirera les lignes $E2$ & $E3$, & l'on divisera la Base 1. 4. en 6 parties égales, afin d'avoir les points 5. 9. 12. 8. Après quoi sur la ligne 5. 8. on fera le quarré 5. 6. 7. 8, & sur la ligne 9. 12, le quarré 9. 10. 11. 12, alors on aura 3 quarrés par conséquent 12 angles droits qui donneront 12 centres dont nous nous servirons après avoir prolongé les côtés des quarrés indéfiniment dans le sens qu'on le voit ici.

Pour tracer le contour de la Volute, il faut du centre 1 & de l'intervalle 1 A , décrire le quart de Cercle AF , du centre 2. & de l'intervalle 2. F , le quart de Cercle FL , du centre 3 & de l'intervalle 3. L , le quart de Cercle LO , du centre 4, & de l'intervalle 4. O , le quart de Cercle OQ , du centre 5. & de l'intervalle 5. Q , le quart de Cercle QG , du centre 6. & de l'intervalle 6. G , le quart de Cercle GI , du centre 7. & de l'intervalle 7. I , le quart de Cercle IN , du centre 8 & de l'intervalle 8. N , le quart de Cercle NR , du centre 9. de l'intervalle 9. R , le quart de Cercle RH , du centre 10. & de l'intervalle 10. H , le quart de Cercle HK , du centre 11. & de l'intervalle 11. K , le quart de Cercle KM ; enfin du centre

centre 12 . & de l'intervale 12 . M , l'Arc MS qui aille rencontrer la circonférence de l'œil de la Volute.

Pour décrire le contour intérieur, il faut prendre la ligne AP , égale à une partie de module, ensuite chercher aux lignes CA , CP , Ej , une 4^e proportionnelle qui sera aisée à trouver; car comme la ligne CP , est les sept huitièmes de la ligne CA , celle que l'on cherche doit être aussi les sept huitièmes de la ligne Ej , afin que les antécédens aient même rapport à leurs conséquents. Cela posé, si l'on considère le quarré 1. 2. 3. 4. de la 4^e Figure que j'ai détaché de la Volute pour l'exprimer plus en grand, l'on y verra la ligne Ej , qui est supposée égale aux sept huitièmes de la ligne $E1$. Or si de l'autre côté du point E , on prend la partie Em , égale à Ej , on aura la ligne jm , qu'il faut diviser en 6 parties égales, comme l'on a fait pour la ligne 1. 4., & faire sur les Bases jm , eb , & ab , les quarrés $iklm$, $efgh$, $acdb$, dont les 12 angles droits donneront encore 12 nouveaux centres, qui serviront à tracer la Volute intérieure que l'on voit ponctuée sur la figure. Car si l'on suppose pour un instant que les quarrés, dont je viens de faire mention, soient placés sur le diamètre de l'œil de la Volute, on commencera par décrire un quart de Cercle qui aura pour centre le point j , & pour rayon l'intervale jp , & alors ce quart de Cercle ira se terminer sur le prolongement du côté jk , comme on l'a fait en premier lieu, ensuite du point k , qui servira de second centre, on décrira un autre quart de Cercle qui aura pour rayon l'intervale du point k , à l'endroit où le premier quart de Cercle aura été se terminer sur le prolongement de jk , & l'on continuera de suite à décrire tous les autres contours de la même manière que l'on a fait pour la première Volute, puisque la construction est la même: la seule différence est que les quarrés, qui donnent les centres de l'une, sont plus grands que ceux qui donnent les centres de l'autre; & il suffira, pour avoir une parfaite intelligence de tout ceci, de prendre un compas & lui faire faire tous les mouvemens dont je viens de parler.

CHAPITRE SIXIÈME.

De l'Ordre Corinthien.

NOUS mettons ici l'Ordre Corinthien devant le Composite, comme s'il étoit inférieur à ce dernier; mais, c'est pour nous conformer à Vignole: autrement il seroit plus naturel de mettre

le Composite immédiatement après l'Ionique, comme ont fait Scamozzy & Mr. de Chambray, qui ont regardé avec raison le Corinthien comme le plus parfait & le plus délicat.

Vignole donne 10 modules de hauteur à la Colonne de l'Ordre composé, en y comprenant sa Base & son Chapiteau; il divise encore le module en 18 parties comme dans l'Ordre précédent, & suit à peu près les mêmes proportions pour l'Entablement & le Piédestal; c'est-à-dire, qu'il donne à l'entablement 5 modules de hauteur, qui est précisément le quart de la Colonne; mais au lieu de prendre letiers de cette même hauteur pour le Piédestal qui devoit être ici de 6 modules & 12 parties, il le fait un tant soit peu plus élevé, lui donnant 7 modules, par conséquent 6 parties de plus qu'il ne devoit avoir: sans doute qu'il en a usé ainsi, pour faire paroître cet Ordre encore plus délicat, & rendre la proportion du Piédestal plus agréable, en faisant que la hauteur du Dé soit double de sa largeur, comme on le va voir.

PLANCH.
40.
FIG. 4.

Piédestal Corinthien.

La hauteur du Piédestal se faisant de 7 modules, on donne 22 parties pour la Base, & 14 pour la Corniche, ainsi il reste 5 modules 10 parties pour la hauteur du Dé, & comme la largeur du même Dé doit être de 2 modules 14 parties pour se trouver égale à celle de la Plinthe de la Base de la Colonne, l'on voit comme je le viens de dire que la hauteur du Dé se trouve double de sa largeur.

Des 12 parties qui déterminent la hauteur de la Base du Piédestal, on en donne 4 à la Plinthe, 3 au Tore, une à la Regle, 3 à la Doucine ou Gueule, & une à l'Astragale; & toute la saillie est de 8 parties. A l'égard des moulures du Dé, elles ne sont composées que de 2 Regles qui ont chacune une partie: de ces deux Regles, il y en a une en bas & l'autre en haut; celle d'en bas avec son Conge fait que la largeur du Dé se trouve réduite comme nous l'avons déjà dit à 2 modules 14 parties.

Des 14 parties que doit avoir la Corniche du Piédestal, on en donne une à l'Astragale, 5 au Gorgéon, une au Filet, une à un autre Astragale, une à l'Ove; 3 à la Gouttière; une & un tiers au Talon & 2 tiers de parties au Filet qui est au-dessus, à l'égard de toute la saillie, elle est de 8 parties comme celle de la base.

Colonne Corinthienne.

La hauteur de la Base de cette Colonne est d'un module, ses moulures sont la Plinthe qui a 6 parties, le Tore inférieur 4, le Filet

let un quart, la Scotie de dessous une partie & demie, le Filet un quart, l'Astragale inférieur une demi, l'Astragale supérieur aussi une demi, le Filet un quart, la Scotie de dessus une demi, le Filet un quart, enfin le Tore supérieur est de 3 parties; à l'égard de la saillie de la Base, elle est de 7 parties, par ce moyen la largeur de la Plinthe se trouve de 2 modules & 14 parties, par conséquent égale à celle du Dé du Piédestal comme nous l'avons dit ci-devant.

La hauteur du Fust de la Colonne est de 16 modules 12 parties, ses moulures sont l'Orle d'enbas avec son Chamfrain qui est d'une partie & demi, & l'Orle d'enhaut aussi avec son Chamfrain qui n'est que d'une partie, & terminé par un Astragale qui en a 2.

PLANCH.
41.
FIG. 4.

La largeur de la Colonne par le bas est de 2 modules réduite à un module 12 parties par le haut, ainsi la diminution est de 3 parties de chaque côté, & afin que l'Astragale qui termine la Colonne réponde au vif de la même Colonne par le bas, on lui donne 3 parties pour saillie.

La hauteur du Chapiteau Corinthien se fait de 2 modules 6 parties: on donne 2 modules aux *Vase*, *Pannier*, ou *Tambour*, & 6 parties à l'Abaque, les Feuilles dont le Tambour est couvert ont aussi leurs proportions, les plus courtes ont 9 parties de hauteur, depuis leur naissance jusqu'au sommet de leur remplis ou courbure, & leurs plis en ont 3, les autres Feuilles qui sont au-dessus de celle-ci, les surmontent de 9 parties, c'est-à-dire qu'elles en ont 18 de hauteur depuis l'Astragale; leur reply est aussi de 3 parties, enfin les Feuilles moyennes qui sortent des tiges qu'on voit posées dans les intervalles des grandes Feuilles ont 4 parties; l'Orle ou bord du Vase a pour hauteur 2 parties. Les Volutes qui sont sous les angles ou corne de l'Abaque ont pour hauteur 8 parties, depuis le dessous de leur enroulement jusqu'au dessus de l'Orle du Tambour. L'Abaque a comme nous l'avons dit pour hauteur 6 parties dont on en donne 3 à la Plinthe, une à la Regle, & 2 à l'Ove, la largeur de la Campanne ou Tambour est la même que celle de la Colonne, & doit être par conséquent d'un module 12 parties, & par le haut de 2 modules 6 parties, toute la longueur de la diagonale de l'Abaque est de 4 modules, la saillie de la Plinthe est de 4 parties, la Regle en a 2 & demi de plus; la largeur des cornes de l'Abaque est de 4 parties, & pour avoir la saillie des Volutes & des Feuilles, il faut que les unes & les autres aillent se terminer sur la ligne tirée du bout de la corne de l'Abaque à l'extrémité de l'Astragale qui est au sommet de la Colonne: à l'égard de la courbure qui forme l'enfoncement de l'Abaque, elle se fait par une portion de Cercle qui a pour centre l'angle

32 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

l'angle du triangle équilatéral, dont la Base est égale à la distance du milieu d'une corne de l'Abaque à l'autre.

Les Feuilles de ce Chapiteau sont toujours au nombre de 16, dont il y en a 8 à chaque rang, chaque Feuille se partage en 7 ou 9 Bouquets, dont on en donne 2, ou pour mieux dire un entier & demi de chaque côté pour former le revers, quelquefois ce revers se fait de 3 Bouquets presque entiers, refendus suivant la nature de la Feuille.

Ces Feuilles se font d'*Achante*, d'*Olive*, ou de *Perfil*; mais quand l'Ordre Corinthien est fort élevé, il vaudroit mieux se servir des Feuilles d'Olives que des autres, parce qu'étant assés plates & recevant mieux la lumière que celles dont le travail est plus délicat, elles paroissent plus distinctement étant vûes d'une grande distance, que les autres qui ne sont guère propres qu'à être vûes de près.

Quand on fait ces Feuilles, il faut avoir un soin tout particulier de les dessiner de bon goût; prendre garde qu'en les refendant par Bouquets, les Bouquets ne s'écartent trop, mais que toutes ensemble forment une seule Feuille qui ne devienne pas trop étroite vers le haut; que chaque Bouquet tende à trouver son origine vers le bas de la côte du milieu, autrement les Feuilles n'ont ni graces ni beautés.

Entablement Corinthien.

La hauteur de cet Entablement est de 5 modules dont on en donne un & 12 parties à l'Architrave, autant à la Frise, & 2 modules à la Corniche; les moulures de l'Architrave sont la Bande de dessous qui a cinq parties, l'Astragale une, la Bande du milieu 6, le Talon 2, la Bande de dessus 7, l'Astragale une, la Gueule droite 4, & la Regle une; toute la saillie de l'Architrave est de 5 parties, dont on en ôte 3 pour celle de la Gueule droite, 3 & demi pour celle de la Bande de dessous, & 4 & demi pour celle de la Bande du milieu.

La hauteur de la Frise est aussi d'un module 9 parties, la Bande ou aire de la Frise a un module 7 parties & demi, le Fruit avec son Conge a une demi partie, & l'Astragale en a une entière, la saillie de cet Astragale est de 2 parties.

Les moulures de la Corniche sont la Gueule droite qui a 3 parties, le Filet sous les Denticules une demi partie, la Bande des Denticules 6, le filet au-dessus une demi, l'Astragale une partie, l'Ove 4, la Regle sous les modillons une demi partie, la Bande où sont les modillons 6 parties, le Talon un & demi, la Gouttière 5, le Talon

Talon qui est ensuite un & demi, le Filet un demi, la Doucine qui est au-dessus 5 parties, & enfin la Regle qui termine le tout en a une; la saillie de toute la Corniche est de 2 modules 2 parties, on donne 5 parties pour celle de la Regle, & de celle-ci il en faut ôter une & demi pour avoir celle des modillons, le Filet sous les modillons en a 17 & demi, desquels on en retranche 4 & demi pour celle des Denticules, la longueur ou portée des Modillons est de 16 parties, leur largeur est de 8, & leur entre-deux de 16, la largeur de chaque Denticule est de 4, & leur intervalle de 2 parties.

Les ornemens particuliers des Talons se font avec des Feuilles de Chêne, ou avec des Arceaux entrelassés de Feuilles & de Fleurs, ceux des Astragales se font avec des Olives mêlées de Grains de Patenotes ou Grains de Lauriers, à l'égard des œufs qui se taillent sur l'Ove, ils doivent répondre à plomb sur le milieu des Denticules; on taille aussi des mufles ou têtes de Lion dans la Doucine qui doivent répondre au milieu de chaque Modillon.

J'ajouterai qu'il est à propos que les Feuilles des Modillons soient de la nature de celles qui font l'ornement du Chapiteau plutôt que de toute autre espèce.

CHAPITRE SEPTIÈME.

De l'Ordre Composite.

IL y a apparence que les anciens Architectes n'ont eû aucunes Regles déterminées pour l'Ordre Composite. Vitruve, après avoir expliqué les mesures du Corinthien, dit à la fin du premier Chapitre de son quatrième Livre, qu'il y a d'autres sortes de Chapiteaux de differens noms, que l'on met sur les mêmes Colomnes, mais dont il ne peut marquer les proportions, ni leur donner le nom d'un Ordre, parce qu'étant pris du Dorique, Ionique, & Corinthien, on en a changé les moulures pour en faire d'autres nouvelles. Ce sont à peu-près ses termes; d'où l'on peut conclure, que dans le tems que cet Auteur a écrit, l'Ordre Composite n'étoit pas séparé des autres, mais dépendoit du goût & du caprice de ceux qui ne voulant pas imiter exactement les trois Ordres Grecs se donnoient la liberté d'y faire tous les changemens que pouvoit fournir leur imagination; ainsi, les Architectes modernes ont crû ne pouvoir mieux faire pour établir quelque chose de certain pour l'Ordre Composite, que

Livre V. •

E

de

34 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

de mesurer exactement quelques-uns des plus beaux Ouvrages de l'Antiquité qui nous sont restés dans ce goût-la, & s'en servir comme de modèles & de règles assurées pour en déterminer les proportions, s'attachant d'ailleurs à lui donner les membres & les moulures les plus délicates & les ornemens les plus recherchés.

Vignole ne met point de différence entre les mesures générales de cet Ordre & celles du Corinthien, donnant encore 20 modules de hauteur à la Colonne Composite, y compris sa Base & son Chapiteau, 7 au Piédestal qui est un peu plus du tiers de la Colonne pour les raisons que l'on a vû ci-devant, & 5 à l'Entablement qui est toujours du quart de la Colonne: ainsi, ce n'est que dans les mesures particulières des moulures, & dans la figure du Chapiteau, que cet Ordre diffère du Corinthien.

Piédestal Composite.

PLANCH.
1^o.
FIG. 5.

La Base du Piédestal est de 12 parties, sur quoi l'on en donne 4 à la Plinthe, 3 au Tore, une à la Règle, 3 au Talon renversé, & une au Cordon; toute la saillie est de 8 parties.

La hauteur du Tronc du Piédestal est de 5 modules 10 parties, & sa largeur de 2 modules 14 parties, ses moulures sont la Règle inférieure & supérieure avec leurs Chanfreins, qui ont chacun une partie.

La hauteur de la Corniche du Piédestal est de 14 parties, sur quoi l'on en donne une à l'Astragale, 5 au Gorgerin ou à la Frise, une au demi-creux, deux tiers au Filet, une & un tiers à la Doucine, 3 parties à la Gouttière, une & demi au Talon, & deux tiers à la Règle; quant à la saillie elle est égale à celle de la Base, c'est-à-dire, qu'elle est de 8 parties, le foffite de la Gouttière est creusé par-dessous d'un Canal qui laisse en dehors une Bande d'une partie.

Il y a des Architectes qui mettent des Tables en saillie ou en creux dans le Dé de ce Piédestal, sans considérer le caractère de l'Ordre. Ces Tables à la vérité font un fort bel effet: mais, il faut prendre garde qu'elles ne doivent avoir de saillie qu'aux Ordres Toscan & Dorique; car aux 3 autres Ordres elles doivent être prises en dedans. Il est vrai, que les Anciens n'ont pas pratiqué ces espèces d'ornemens aux Piédestaux, ayant toujours laissé nud les faces du Dé, parce qu'aparament ils apprehendoient que cela fût contraire à la solidité.

• *Colom-*

Colonne Composite.

La Base de la Colonne est encore d'un module ou de 18 parties, sur quoi l'on en donne 6 à la Plinthe, 4 au Tore inferieur, un quart au Filet, 2 parties à la Scotie inferieure, un quart au Filet, 3 parties au Tore superieur, un demi à l'Astragale, un quart au Filet, un & demi à la Scotie superieure, un quart au Filet, & 3 parties au Tore superieur; la saillie est de 7 parties de chaque côté, & ainsi la Plinthe en front est de 2 modules 14 parties, il en faut ôter 3 parties 3 quarts pour la saillie du Tore superieur, pour celle de l'Astragale 4 & demi, & 5 pour celle du Filet.

Le Fust de la Colonne a pour hauteur 16 modules 12 parties, ses moulures sont l'Orle inferieur avec son Chanfrain qui a une partie & demi, le Tronc a 16 modules 7 parties & demi, l'Orle superieur avec son Chanfrain une partie, & l'Astragale 2, la grosseur du pied de la Colonne est de 2 modules, & réduite par le haut à un module 12 parties, ainsi la diminution est de 3 parties de chaque côté: la saillie de l'Orle inferieur est de 2 parties, celle du superieur d'un & demi, & celle de l'Astragale de 3, afin qu'il réponde au vif de la Colonne.

La hauteur du Chapiteau est de 2 modules 6 parties comme au Corinthien, le Tambour a 2 modules, & l'Abaque 6 parties, les membres du Tambour sont les Feuilles basses qui ont 9 parties, leur repli 3, les Feuilles hautes 9, leur repli 3, l'espace des Rosettes 4, l'Orle un demi, l'Astragale un & demi, l'Ove 4 parties, l'Orle de la Campana 2; les membres de l'Abaque sont la Plinthe ou Goutiere qui a 4 parties, le Filet une demi, l'Ove une & demi, la hauteur des Volutes 16 parties, depuis le haut des Feuilles jusqu'au Filet de l'Abaque; les saillies dépendent du Plan & du Profil sur la diagonale comme au Corinthien, sur lequel il faut tirer une ligne du coin de l'Ove de l'Abaque jusqu'à l'Astragale du Fust de la Colonne qui déterminera celle des Feuilles, & si l'on tire une ligne parallele aux moulures de l'Abaque par le point où la ligne de la hauteur de la Volute est divisée, en sorte qu'elle laisse 9 parties au-dessus & 7 au-dessous, & qu'on prenne sur cette ligne en dedans 8 parties, à commencer du point où elle coupe celle qui détermine les saillies, l'on aura le centre de l'œil de la Volute qui se décrira comme l'Ionique, avec cette difference seulement que les Ioniques sont droites ou plates sur les deux faces anterieures ou posterieures du Chapiteau, au lieu que celles-ci suivent le contour du ren-

PLANCH.
41.
FIG. 5.

foncement des 4 faces du Chapiteau. A l'égard de la structure du plan & du contour du renfoncement de l'Abaque, c'est la même chose qu'au Corinthien, la faillie de l'Ove sur le vif du haut de la Colonne a 6 parties, celle de l'Astragale 3, & celle de l'Orle 1 & demi: le front des cornes de l'Abaque est de 6 parties, sa largeur diagonale est de 4 modules, dont on ôte 4 parties de chaque côté pour la gouttiere de l'Abaque, & 2 & demi pour le Filet, la largeur de la fleur du milieu est de 8 parties.

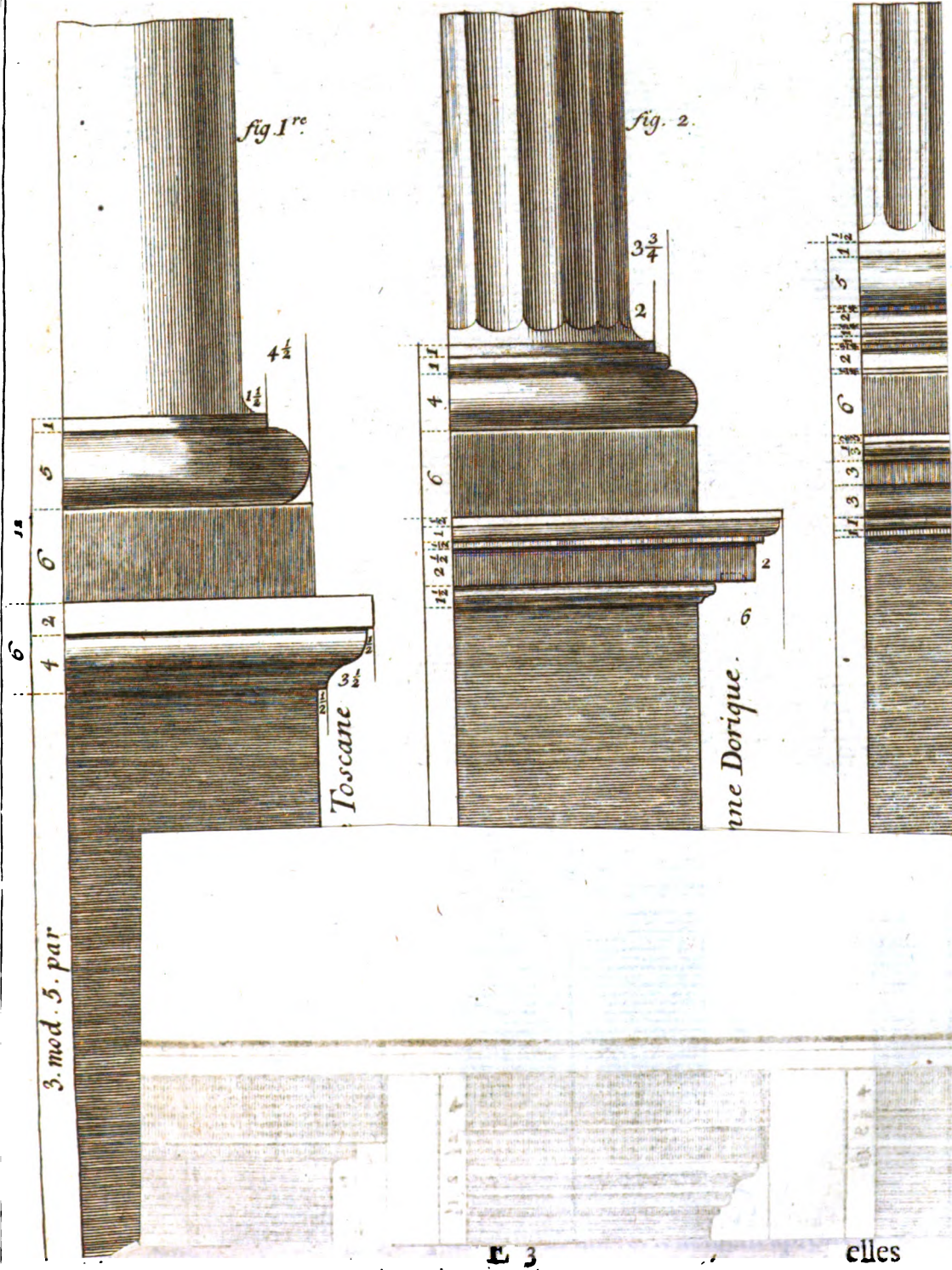
Entablement Composite.

L'Architrave a 1 module 9 parties, sur quoi l'on en donne 8 à la premiere Bande, 2 au Talon, 10 à la seconde Bande, 1 à l'Astragale, 3 à l'Ove, 2 au Demi-Creux, & une à la Regle: la faillie a 7 parties, dont l'on ôte 2 pour le pied du Demi-Creux, & 5 pour la seconde Bande.

La Frise a aussi 1 module 9 parties, sur quoi l'on en donne 1 & demi au Filet avec son Chanfrain, & 1 au Cordon ou Astragale.

La Corniche a 2 modules ou 36 parties, dont l'on donne 5 à l'Ove, 1 à la Regle sous les Denticules, 8 à la Bande des Denticules, 4 au Talon, 1 à la Regle, 1 & demi à l'Ove, 5 à la Gouttiere, 1 à l'Astragale, 2 au Talon, 1 à la Regle, 5 à la Doucine, & 1 & demi à la Regle; la faillie est égale à la hauteur, c'est-à-dire a 2 modules, dont il faut ôter 5 parties pour celle de la Regle, & 8 pour la Gouttiere, & de celle-ci 10 pour celle de la Regle, la faillie de la Bande des Denticules est de 14 parties, celle de la Regle sous les Denticules 8, & celle du pied de l'Ove 2. Sous le soffite de la Gouttiere on entaille un Canal, dont le contour doit suivre agreablement celui de l'Ove de dessous, & laisse une Bande en dehors de la largeur de deux parties, le front des Denticules est de 6 parties, & leur intervalle de 3; dans le fond des intervalles on laisse une Regle sous le Talon, creusée à la moitié & soutenue de deux petits ronds.

L'on fait aussi des canelures aux Colomnes Corinthiennes & Composites, de la façon que nous avons dit qu'on le pratiquoit à l'Ionique, c'est-à-dire qu'elles doivent être au nombre de 24 & tracées de même: on taille quelquefois dans ces canelures, pour rendre leurs côtes moins fragiles & moins sujettes à être brisées, certains ornemens qu'on nomme *Rudentures*, qui ont la figure de cordes ou de batons; par exemple, quand on fait des Colomnes ou des Pilastres canelées sans piédestaux & posées à crû sur le rez-de-Chaussée, ou du moins



<p>1</p>	<p>2</p>	<p>3</p>
<p>4</p>	<p>5</p>	<p>6</p>
<p>7</p>	<p>8</p>	<p>9</p>
<p>10</p>	<p>11</p>	<p>12</p>
<p>13</p>	<p>14</p>	<p>15</p>
<p>16</p>	<p>17</p>	<p>18</p>
<p>19</p>	<p>20</p>	<p>21</p>
<p>22</p>	<p>23</p>	<p>24</p>

Digitized by Google

moins

moins si peu élevées qu'on les peut toucher de la main, il faut rûdenter les canelures jusqu'au tiers de leur hauteur, c'est-à-dire qu'il faut les remplir en partie jusqu'à cette hauteur de ces Rudentures, afin d'en fortifier les côtes qui autrement seroient bien-tôt ruinées.

Ces Rudentures, qui furent d'abord imaginées pour l'utilité, ont donné ensuite occasion d'en faire des ornemens pour enrichir les canelures: ainsi au lieu de ces Rudentures fortes & simples, on en fait quelquefois de très legeres, on les travaille en figures de rubans tortillés, de feüillages, de chapelets, de fleurons & autres ornemens délicats & fort riches; mais, ces sortes de Rudentures ne doivent être pratiquées que dans des Colonnes ou des Pilastres de Marbre, & qui sont hors la portée des mains du public.

Il faut que le nombre des canelures soit moindre, lorsqu'on y taille de ces ornemens pour les degager davantage, en sorte qu'au lieu de 24 qui sont ordinairement au Corinthien, il n'y en ait que 20, & même que chaque côté n'ait environ que le quart de la largeur de la canelure. On dispose ces ornemens de différentes manieres, où les faisant sortir du Roseau de la longueur du tiers du Fust comme aux Colonnes Ioniques des Thuileries, ce qui est la meilleure maniere, en les espaçant sans Roseaux, comme lorsqu'il n'y a dans chaque Canelure qu'une branche au bas, une autre au tiers ou à la moitié, & une troisième au haut, ou enfin par petits bouquets mêlez alternativement dans les canelures.

Remarques sur les cinq Ordres en général, suivies de l'Explication de quelques Fragmens des plus beaux Edifices antiques de Rome.

Si l'on en veut croire Mr. de Chambrai, l'Orde Toscan ne doit être employé qu'aux Maisons de Campagne, c'est-à-dire aux lieux rustiques & champêtres: il est vrai que de la maniere dont Vitruve, Palladio, & quelques autres l'ont traité, il n'a rien de recommandable; mais il faut convenir, que, suivant la Composition de Vignole, il a dans sa simplicité des beautez qui le rendent très estimable.

L'Ordre Dorique peut passer pour le premier que les Grecs ont inventé, sa composition est grande & noble, les Triglyphes qui font l'ornement de la Frise ont quelque chose de gracieux & de fier; dans les plus anciens Monumens qu'on a fait de cet Ordre, les Colonnes y étoient sans base, & on est assés embarrassé d'en donner une raison satisfaisante. Vitruve veut qu'étant composées à l'imitation d'un homme nud, fort & nerveux, tel que seroit un Hercule,

elles ne doivent point avoir de base, voulant qu'une base soit à la Colonne ce qu'une chaussure est à l'homme; mais, j'avouë que je ne puis considérer une Colonne sans base, en la comparant à un homme, qu'en même-tems je n'aye l'idée d'un homme sans pieds, plutôt que sans chaussure: ainsi, j'aime mieux croire que les premiers Architectes ne s'étoient pas encore avisez de donner des bases à leurs Colonnes, lorsqu'ils imaginèrent cet Ordre.

PLANCH.
40.
FIG. 7.

Vitruve prétend, que les Colonnes de l'Ordre Ionique ont été composées sur le modèle d'une jeune fille coëffée en cheveux, & d'une taille gracieuse: les Romains les employoient particulièrement aux Temples, & aux endroits où l'on rendoit la Justice. A l'égard de la base que Vignole leur donne, elle paroît de mauvais goût, le gros Tore qui la termine faisant un vilain effet sur les Astragales & les Cavets qui sont au-dessous: les Anciens y mettoient ordinairement une base attique, semblable à celle qui est représentée par la 7^e figure de la Planche 40. Comme on peut s'en servir indifféremment dans les trois derniers Ordres, & qu'elle est plus belle que toutes celles de Vignole, je vais en donner les proportions, afin que dans l'occasion on puisse en faire usage.

La hauteur de cette base est d'un module comme à l'ordinaire, ses moulures sont la Plinthe qui a 6 parties, le Tore inférieur 4 & demi, l'Orle inférieur un demi, la Scotie 3 parties, l'Orle supérieur un demi, & le Tore supérieur 3 & demi, toute la saillie est de 7 parties, dont on en donne 2 tiers pour celle du Tore supérieur, 4 & demi pour celle de l'Orle qui est au-dessous, & 6 pour le Creux de la Scotie.

La figure 6^e représente encore une autre base de fort bon goût, qui est un peu plus ornée que l'autre, mais cependant sans confusion, elle est composée de la Plinthe qui a 6 parties, du Tore inférieur qui en a 3 & demi, d'un Astragale qui en a 1, d'un Filet qui n'a qu'une demie, d'une Scotie qui en a 2 & demi, au-dessous de laquelle est un Filet de demie partie, un Astragale de 1 partie, le tout terminé par un Tore qui en a 3, les saillies sont les mêmes que les précédentes.

L'Ordre Corinthien est le plus noble, le plus riche, & le plus délicat de tous ceux qui ont été imaginés par les Anciens & les Modernes, (car les Modernes ont aussi voulu inventer un Ordre, mais avec peu de succès.) Les proportions que lui donne Vignole me paroissent fort belles: on lui reproche seulement d'avoir mis dans la Corniche de l'Entablement des Denticules avec des Modillons; parceque, dit-on, cela est contraire à la Règle prescrite par Vitruve, qui les

les condamne, & qui ne veut de Denticules qu'aux Ordres Dorique & Ionique. Cependant, il semble que les meilleurs Architectes de notre tems ne se sont pas arrêtés au sentiment de Vitruve, puisqu'ils en ont mis dans tous les autres Ordres, excepté au Toscan; & je ne vois pas qu'on puisse leur en faire un crime, puisqu'elles produisent un fort bel effet: mais il y a des gens qui ont un respect superstitieux pour tout ce qui vient des Anciens, & dont la prévention est si grande, que les meilleures raisons ne sont pas capables de les défabuser.

Vitruve rapporte un trait assés singulier au sujet de l'Invention de cet Ordre: il dit qu'une jeune Fille de Corinthe étant morte, sa nourrice mit sur son tombeau un Panier dans lequel étoient quelques petits Vases qu'elle avoit aimés pendant sa vie; &, pour empêcher que la pluie ne les gâtât, elle mit une Thuile sur le Panier, qui par hasard ayant été posé sur une racine d'Acanthe, il arriva qu'au Printems les Feuilles venant à pousser au tour du Pannier se recourberent sous les coins de la Thuile où elles formerent une maniere de Volute, & que le Sculpteur Callimachus s'étant aperçû de l'effet singulier & gracieux que produisoient ces Feuilles ainsi disposées profita de l'idée que lui fournit la Nature pour en composer le Chapiteau qu'on a depuis nommé Corinthien.

Je n'ai rien à dire de particulier sur l'Ordre Composite, en ayant assés fait mention dans les Chapitres précédens: j'ajouterai seulement qu'on n'approuve point que Vignole ait donné la même proportion à la Colonne de cet Ordre, qu'à celle du Corinthien; puisque naturellement il devoit avoir égard à la difference de leurs Chapiteaux; on lui reproche aussi d'avoir fait les Entablemens de ces deux derniers Ordres trop lourds, & d'y avoir employé des Denticules plus grossieres que dans le Dorique, puisqu'il semble qu'il auroit dû faire tout le contraire.

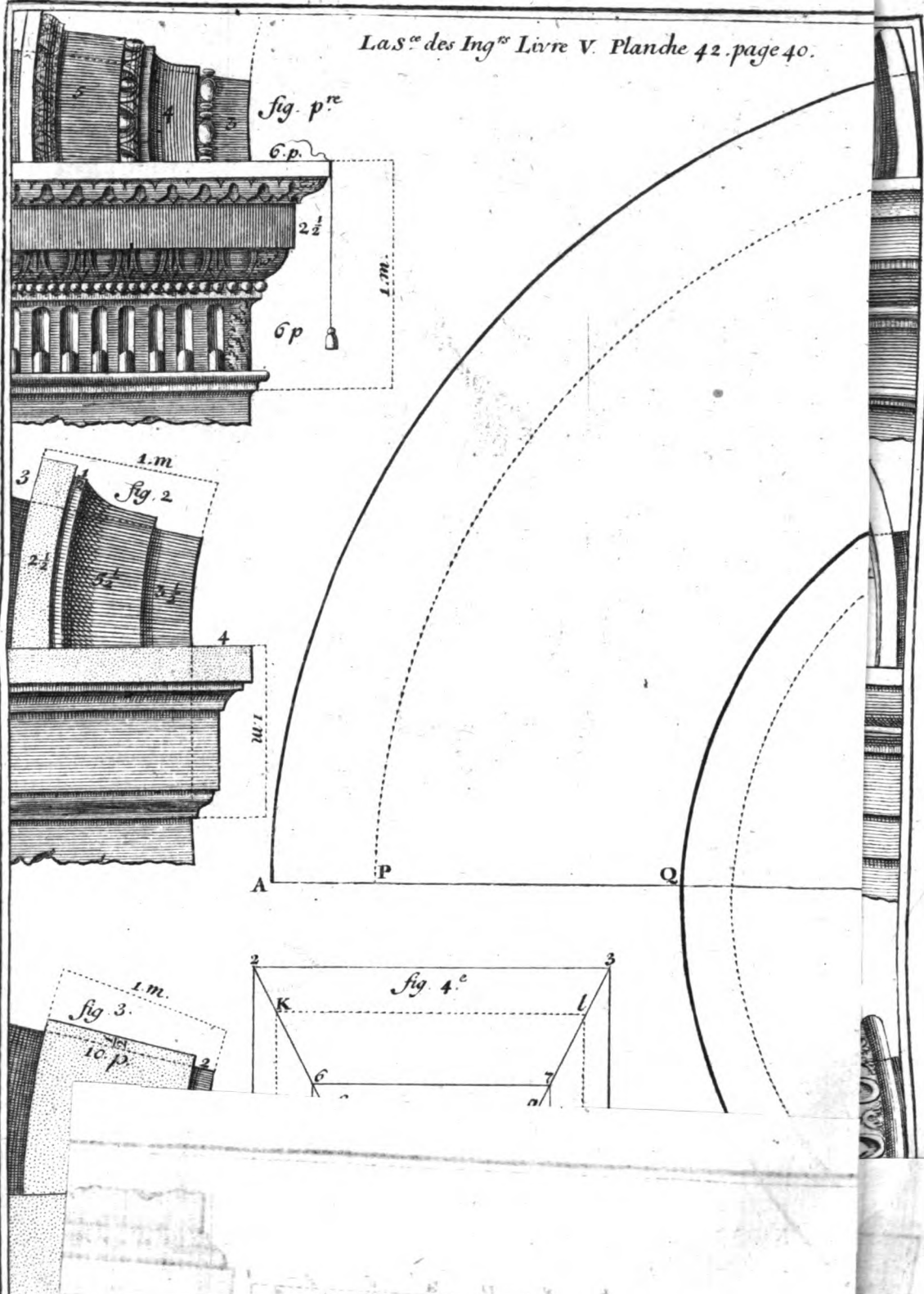
Si les Ordres d'Architecture avoient eû des beautés positives & bien connues, comme l'a voulu insinuer Mr. Perrault dans la Préface de son Livre de l'*Ordonnance des cinq especes de Colonnes selon la Méthode des Anciens*, les Architectes auroient été obligés de convenir entr'eux de leurs regles; mais, ces beautés n'étant qu'arbitraires, puisqu'elles ne sont fondées sur aucune démonstration constante, ceux qui en ont traité nous ont donné des principes bien opposés suivant leur goût & leur genie. Cependant, quoiqu'un même Ordre puisse avoir des beautés & des proportions différentes, on convient qu'il est constant qu'entre ces diverses beautés & proportions il y en a qui plaisent davantage, & qui sont plus universellement approuvées; & c'est

& c'est ce que l'on peut dire des Ordres de Palladio & de Vignole. Et pour qu'on en puisse faire le Parallele, il est bon qu'on soit prévenu que les cinq Ordres qui sont sur les Planches 37. 38. & 39. sont ceux de Palladio, que je ne m'arrêterai point à détailler, pour ne pas grossir ce Livre mal-à-propos: il suffira seulement, qu'en considérant avec attention les desseins de cet Auteur, on se mette en état de juger en voyant un Edifice s'il est décoré selon lui ou Vignole; car, il est bien aisé de ne pas prendre le change, la composition de ce dernier étant beaucoup plus grande & plus majestueuse.

Pour faire voir que c'est avec justice que j'ai donné, dans le commencement de ce cinquième Livre, tant d'Eloge à l'Architecture ancienne, je vais expliquer quelques Fragmens des plus beaux Edifices de Rome, que j'ai tiré du *Parallele de l'Architecture antique avec la moderne* de Mr. de Chambray, qui peut passer sans contredit pour un des grands hommes de son tems, & le plus habile Architecte que nous ayons eû en France: l'honneur qu'il fait à la Nation mérite bien que je m'arrête un moment pour rapporter quelques traits de son Histoire; les habiles gens m'en sauront gré, & je m'acquitterai en partie de la reconnoissance que je dois à sa mémoire pour les lumieres que j'ai tirées de la lecture de ses Ouvrages.

Rollant Freart de Chambray, Cousin germain de Mr. *Desnoyers*, Secrétaire d'Etat de la Guerre & Surintendant des Bâtimens sous Louïs XIII. fut envoyé à Rome par Ordre de Sa Majesté en 1640, pour négocier des Affaires importantes avec Sa Sainteté. Ce fut dans ce Voyage, qu'aidé de Mr. de Chantelou son frere, & de Mr. Pouffin le Raphaël de son siècle, il recueillit ce que l'Italie pouvoit offrir de plus rare & de plus curieux. De retour en France, on le députa une seconde fois pour faire benir deux Couronnes de Diamans que leurs Majestés offroient à N. Dame de Lorette en action de grace de la naissance du Dauphin, c'est-à-dire de Louïs le Grand; & comme le Roy avoit été fort satisfait des savantes Recherches de son premier Voyage, il lui ordonna d'en faire de nouvelles, & de ne rien négliger pour tout ce qui pouvoit contribuer à la perfection de l'Architecture, & à la beauté du Louvre que l'on bâtissoit alors. C'est à ces deux Voyages, que nous devons en partie son excellent Livre du Parallele.

Louïs XIV, voulant faire continuer le Bâtiment du Louvre, engagea par son Ambassadeur à Rome le *Cavalier Bernin*, Architecte fameux, de venir en France: il n'y fut pas plutôt arrivé, que Mr. de Chambray eût ordre de travailler de concert avec lui; mais, l'Italien ne fut pas longtems sans connoître combien les connoissances de
Mr.



1893

1893

1893

Mr. de Chambray étoient supérieures aux siennes ; & ce qui est également à la louange de tous deux, c'est que le Cavalier Bernin dit au Roi, que Sa Majesté auroit pu se dispenser de le faire venir de si loin, puisqu'il avoit trouvé dans Mr. de Chambray un Maître qu'il se feroit honneur de suivre, & qu'il n'étoit pas assez téméraire pour rien changer à son projet. Exemple rare, où la concurrence s'est dépouillée de ses propres intérêts pour rendre hommage au vrai mérite ; mais, cela ne doit pas surprendre : les grands Hommes ont toujours des traits qui marquent leur caractère, au lieu que l'ignorance croit se signaler, & trouver de la ressource, dans les sentimens de jalousie qu'elle fait éclater.

Comme il ne reste aucun ancien Monument de l'Ordre Toscan qui se soit trouvé digne de quelque attention, Mr. de Chambray n'en donne point d'exemple ; mais, en récompense, on a lieu d'être satisfait de ceux qu'il rapporte des autres Ordres : & comme, tout admirables qu'ils sont, on ne peut les regarder sans faire quelque choix, puisqu'il se trouve de chaque Ordre en particulier des Profils mieux proportionnés les uns que les autres, je me suis attaché à décrire les plus approuvés dans le rang qui leur convenoit relativement à celui que Vignole donne aux siens.

Si l'on considère la Planche 43. l'on verra qu'elle représente un PLANCH. 43.
Chapiteau & un Entablement Dorique tirés des *Termes de Diocletien*. Ce morceau est regardé comme un des plus excellens de tous les ouvrages antiques de cet Ordre, sa composition est noble & régulière, les ornemens sont appliqués avec goût sur chaque membre, en enrichissant les uns sans blesser les autres.

Comme la Colonne ne subsiste plus en entier, on ne peut juger positivement des proportions générales qu'on y a suivies : cependant, l'on remarque que l'entablement est de 4 modules ; ce qui fait présumer que la Colonne en avoit 16, parce que les Anciens ont presque toujours donné à la hauteur de l'Entablement le quart de la Colonne : quant à sa Base, Mr. de Chambray ne la rapporte point, parce qu'aparamment il n'en paroît plus, la barbarie de certains siècles ayant tellement défiguré la plupart des anciens Monumens, que ce n'est qu'avec bien de la peine qu'on en a tiré quelque morceau entier.

La 44^e. Planche représente un Profil Ionique qui peut passer pour PLANCH. 44.
l'ouvrage le plus parfait qui nous soit resté des Anciens. Mr. de Chambray le regarde comme le Chef-d'œuvre de la plus haute Perfection. Palladio, qui l'a aussi rapporté dans le treizième Chapitre de son quatrième Livre, ne peut lui donner trop d'éloge ; & quand on

manqueroit de goût pour en connoître toute la beauté, il suffiroit du Jugement de ces deux grands Maîtres pour en sentir le prix.

L'Ordre entier, depuis le rez-de-Chaussée jusqu'à la Corniche, a pour hauteur 11 diamètres ou 22 modules, la Colonne avec sa Base & son Chapiteau en a 18, & l'Entablement c'est-à-dire l'Architrave, la Frise, & la Corniche en a 4, qui est un peu moins du quart de la Colonne. Si l'on veut juger de la proportion des autres parties, on n'aura qu'à considérer les chiffres qui sont cottés à l'endroit de chaque membre : surquoi il est à propos que j'avertisse que Mr. de Chambray divise le module en 30 parties égales qu'il nomme *minutes*.

PLANCH.
45.

La Planche 45 comprend un Profil Corinthien si riche & si superbe, qu'il ne paroît pas qu'on puisse rien faire de plus magnifique que ce qu'on voit dans cet exemple, qu'on ne peut imiter à propos, dit Mr. de Chambray, qu'avec beaucoup de prudence & de circonspection ; car l'abondance des ornemens est sujette à embrouïller s'ils ne sont employés avec économie, autrement ils font naître une confusion qui blesse l'œil des connoisseurs ; & c'est en effet ce que j'ai remarqué à Paris à quelque Portail d'Eglise que l'on a gâté en le chargeant d'ornemens superflus : je croi qu'on sentira bien, que je ne veux point parler de celui de St. Gervais, qui peut passer pour le morceau d'Architecture le plus accompli que nous ayons en France.

Pour expliquer les proportions générales du profil dont il est question présentement, l'on saura que la Colonne avec sa Base & son Chapiteau a 20 modules, que l'Entablement a deux neuvièmes de la hauteur de la Colonne, sur quoi l'Architrave & la Frise ont chacun un module & un tiers, c'est-à-dire 40 minutes, & la Corniche deux modules moins 8 minutes, c'est-à-dire 52 minutes.

Quant à la Base de la Colonne, elle me paroît de fort bon goût, étant composée de plusieurs moulures qui font ensemble un tout qui réussit fort bien.

PLANCH.
46.

La Planche 46. comprend encore un autre Profil Corinthien, qu'on a composé sur l'idée que plusieurs Historiens célèbres donnent de quelque partie du Temple de Salomon ; & comme il me feroit mal d'entrer dans aucune Dissertation critique sur un Sujet si équivoque, je prens le parti de rapporter à la lettre ce qu'en dit Mr. de Chambray, & je laisse au Lecteur éclairé d'en porter le jugement qu'il jugera à propos.

„ Voici, *dit-il*, un Ordre particulier, mais d'une excellente Composition : & quoique je n'ose pas assurer que ce Profil soit précisément

„ sèment le même que celui du Temple de Salomon (qui est le Mo-
 „ dele que je me suis proposé) néanmoins, autant qu'on peut apro-
 „ cher de cette divine Idée par la Description qui en paroît dans la
 „ Bible, & en quelques Historiens célèbres que *Vilalpandus* raporte
 „ en son grand Ouvrage, où les ornemens & toutes les principales
 „ proportions de chaque membre sont exactement spécifiés ; je crois
 „ qu'il lui est assés conforme. La Composition en est toute Corin-
 „ thienne, quoique les Feüillages du Chapiteau & ses Caulicoles
 „ soient de Palmes, & que la Frise de l'Entablement ait emprunté
 „ l'Ornement Dorique qui sont des Triglyphes, la Solidité desquels
 „ n'a pas beaucoup de conformité avec la Délicatesse Corinthienne.
 „ Mais, quelque Nom qu'on veuille donner à cet Ordre, néanmoins
 „ *Josèphe* dit que c'étoit le Corinthien. Il est assuré, qu'il n'y en a
 „ jamais eû de plus parfait : & , bien que le Corinthien soit un Or-
 „ dre tendre & virginal, lequel ne demande pas cette Fermeté & Vi-
 „ rilité Dorique qui nous est symbolisée par les Triglyphes, si est-ce
 „ qu'on peut en certaines occasions l'y introduire avec tant d'a-
 „ dresse & de raison, qu'elle fera non-seulement excusable, mais
 „ très-judicieuse. „

L'Ordre Composite étant celui qui souffre le plus de difficulté dans l'exécution, à cause de l'incertitude des proportions que lui ont donné les Anciens, je croi qu'on sera bien aise d'en voir un exemple sur la Planche 47. qui représente un Profil tiré de l'*Arc de Titus à Rome*. Comme cet Arc de Triomphe fut élevé à la gloire de Titus au retour de la Conquête de Jerusalem, Mr. de Chambray croit que l'Architecte qui le construisit y avoit suivi cet Empereur, où, selon toute aparence, il étudia les Beautés du Temple, ayant introduit dans les Ornemens de la Frise ses principales Dépouilles, comme le Chandelier à sept branches qui étoit dans le Sanctuaire, la Table d'Or qui servoit à mettre le Pain de Proposition, & plusieurs autres choses touchant les Sacrifices, qui se voyent encore aujourd'hui. Il ajoute, que cet Arc est le premier & le plus achevé qui ait été élevé à la Gloire des Héros.

PLANCHE.
47.



CHAPITRE HUITIÈME.

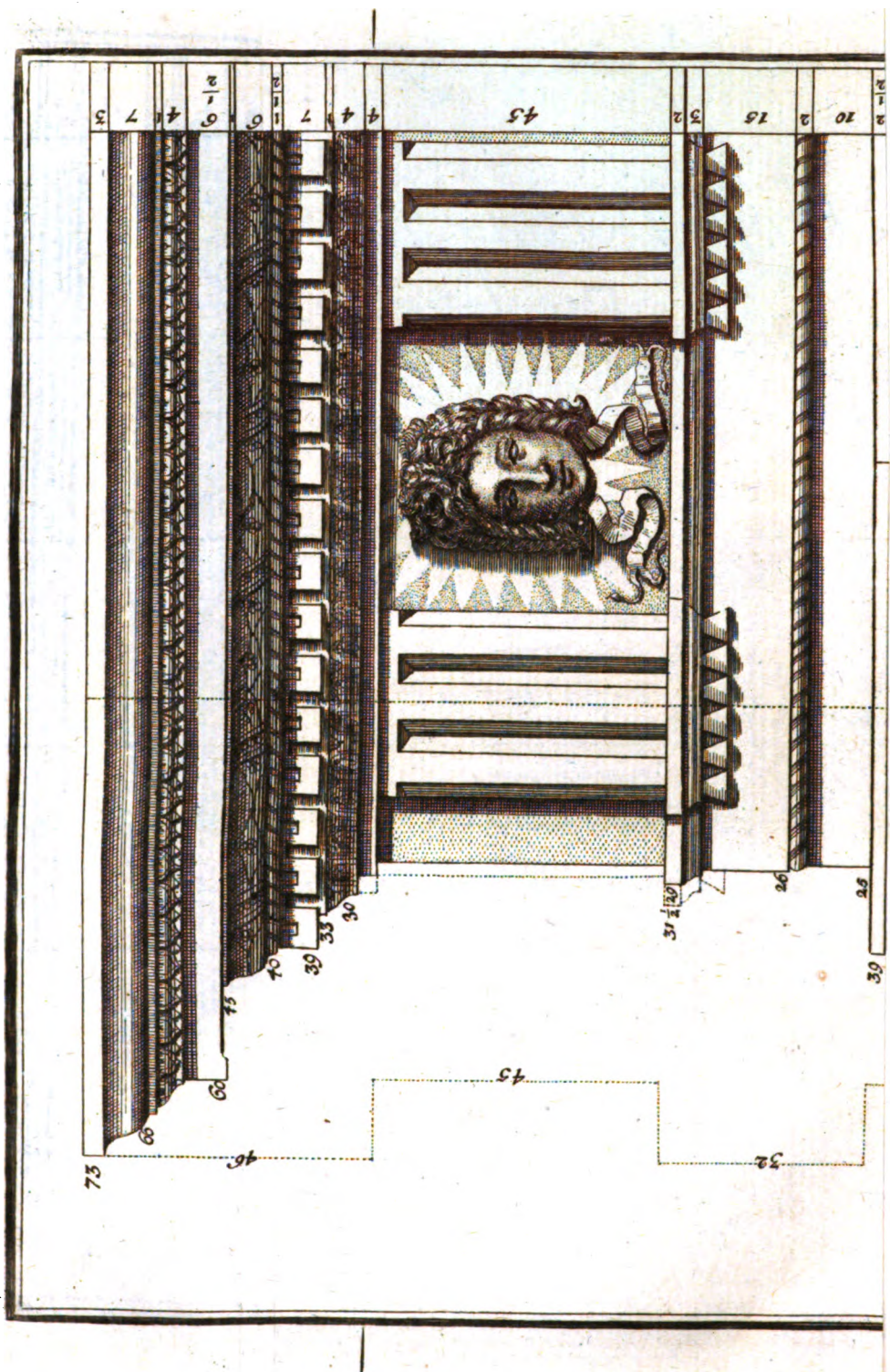
Des Colonnes & de leur Diminution, des Persiques, & des Cariatides.

Sil'on juge de l'origine des Colonnes par ce qu'en disent quelques Historiens, il y a apparence qu'elles sont très anciennes, & que l'usage en étoit frequent long-tems avant l'Invention des Ordres. On les fit servir d'abord de Monumens pour éterniser la memoire des grands hommes, ou pour marquer à la posterité la reconnoissance des bienfaits qu'on en avoit reçûs : après leur mort, on dressoit une Colonne, au sommet de laquelle étoit l'Urne qui renfermoit leurs cendres ; & il y a apparence que c'est cette Urne qui a donné lieu au Chapiteau dont on s'est servi depuis pour les couronner agreablement.

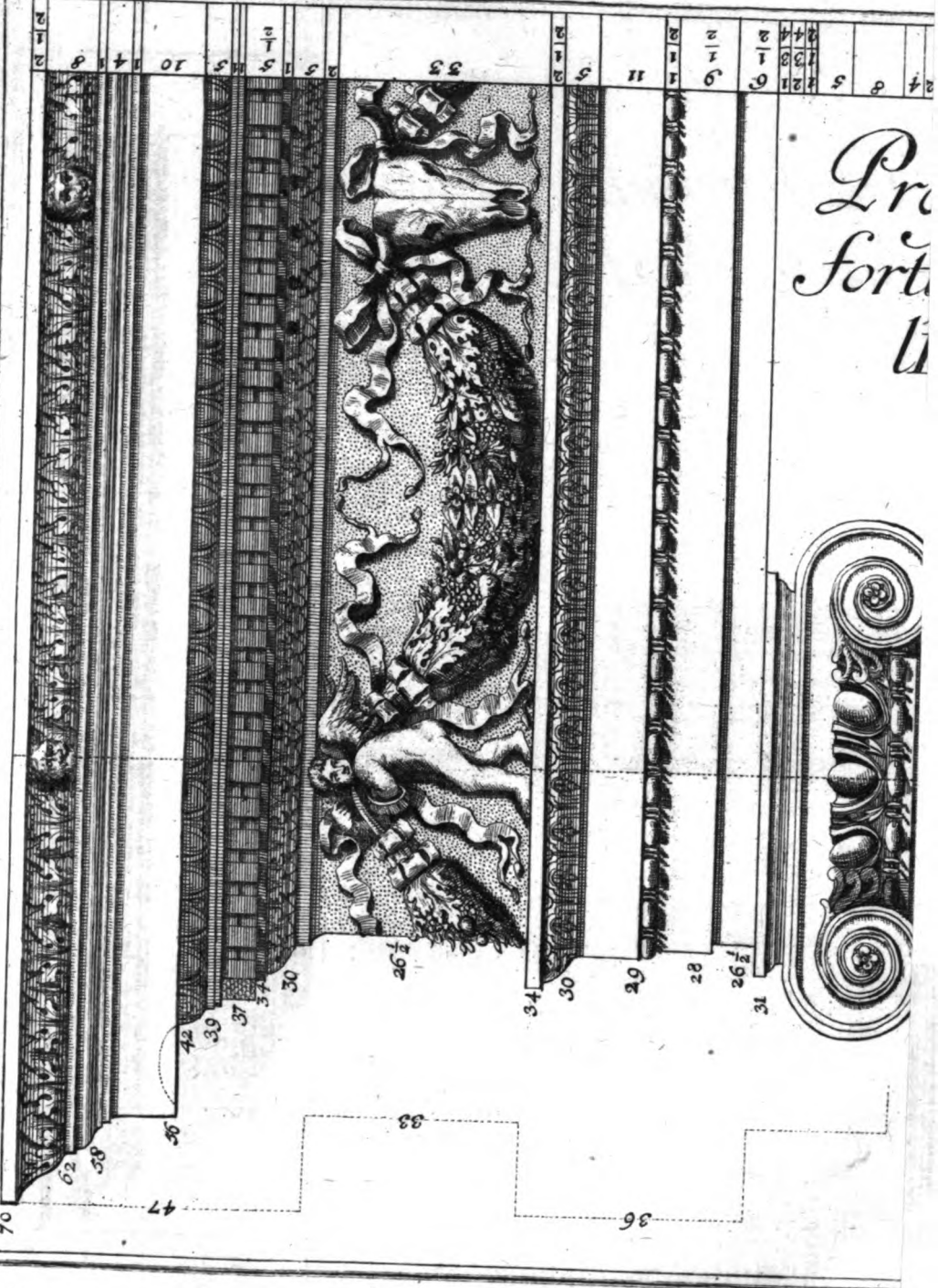
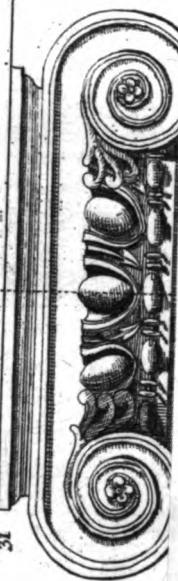
Vitruve dit que les premieres Colonnes, qui parurent en Grece, furent celles du Temple de Junon dans Argos ; & que les Doriens, ne sachant quelle proportion leur donner, considererent que le pied de l'homme étoit ordinairement la sixième partie de sa hauteur, & sur cet exemple ils firent les Colonnes sextuples de leur grosseur : ensuite, ils en augmenterent la hauteur au Temple de Diane à Ephese, parce qu'ils voulurent leur donner des mesures proportionnées à la stature des femmes de leur País. Quoiqu'il en soit, les Architectes ont toujours paru fort partagez sur la hauteur qu'il falloit leur donner pour chaque Ordre : c'est pourquoi, nous nous en tiendrons aux proportions de Vignole, sans nous arrêter à rapporter tout ce qu'on pourroit dire sur ce sujet.

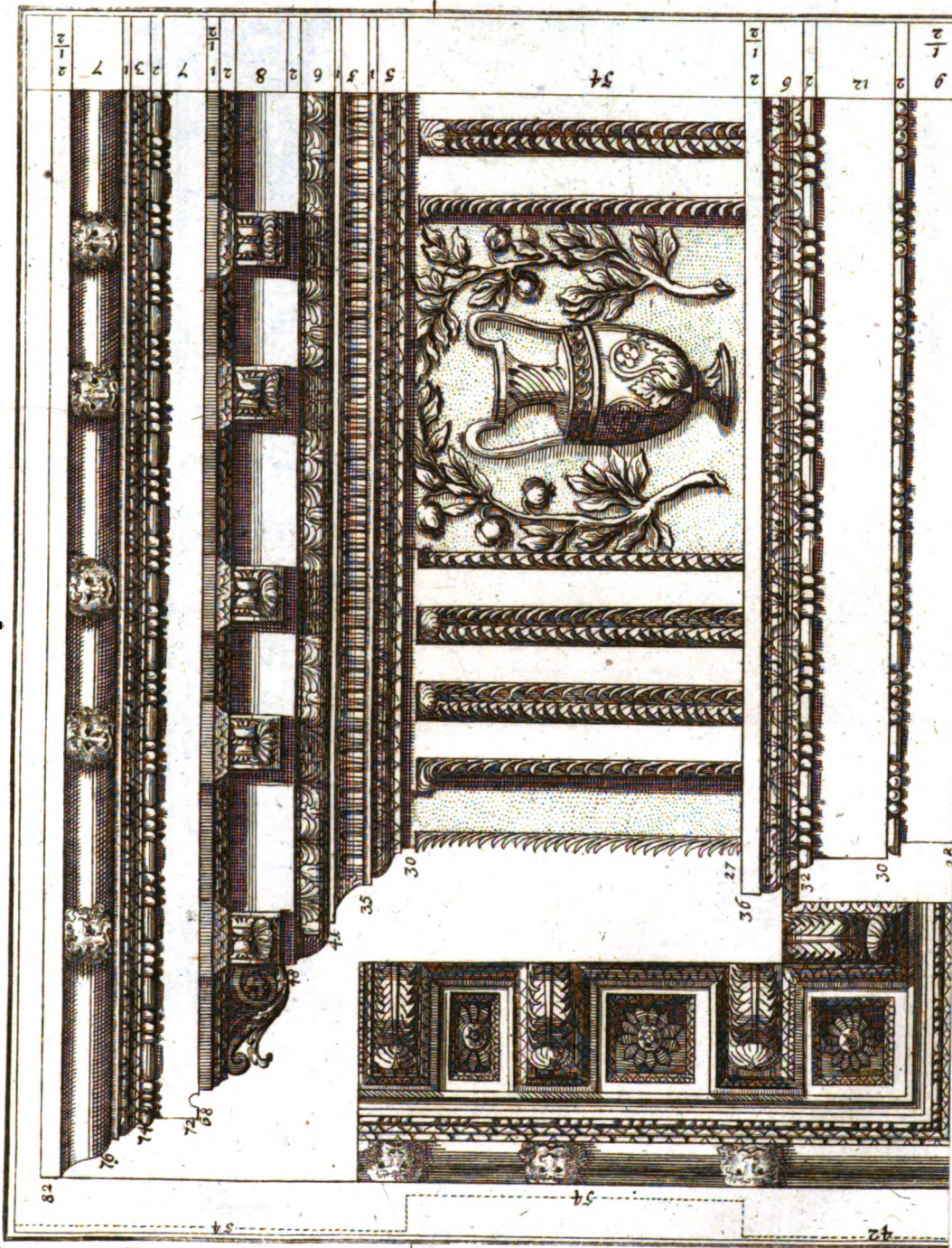
Les premiers Architectes ayant fait les Colonnes à l'imitation des arbres, qui sont ordinairement plus gros par le pied que vers le haut, ils les ont aussi diminuées dans le même goût : mais, comme l'on s'est aperçu que cette diminution produisoit un effet desagréable, on s'est contenté de ne la commencer qu'au tiers de la tige ; c'est-à-dire, qu'ayant divisé la hauteur de la tige en trois parties égales, la premiere reste a plomb & parfaitement cylindrique, & les deux autres vont en diminuant imperceptiblement jusqu'à l'Astragale : cette diminution se fait plus ou moins sensible, selon la grosseur ou la delicatesse des Colonnes, & c'est ce que l'on a dû remarquer dans les Chapitres precedens.

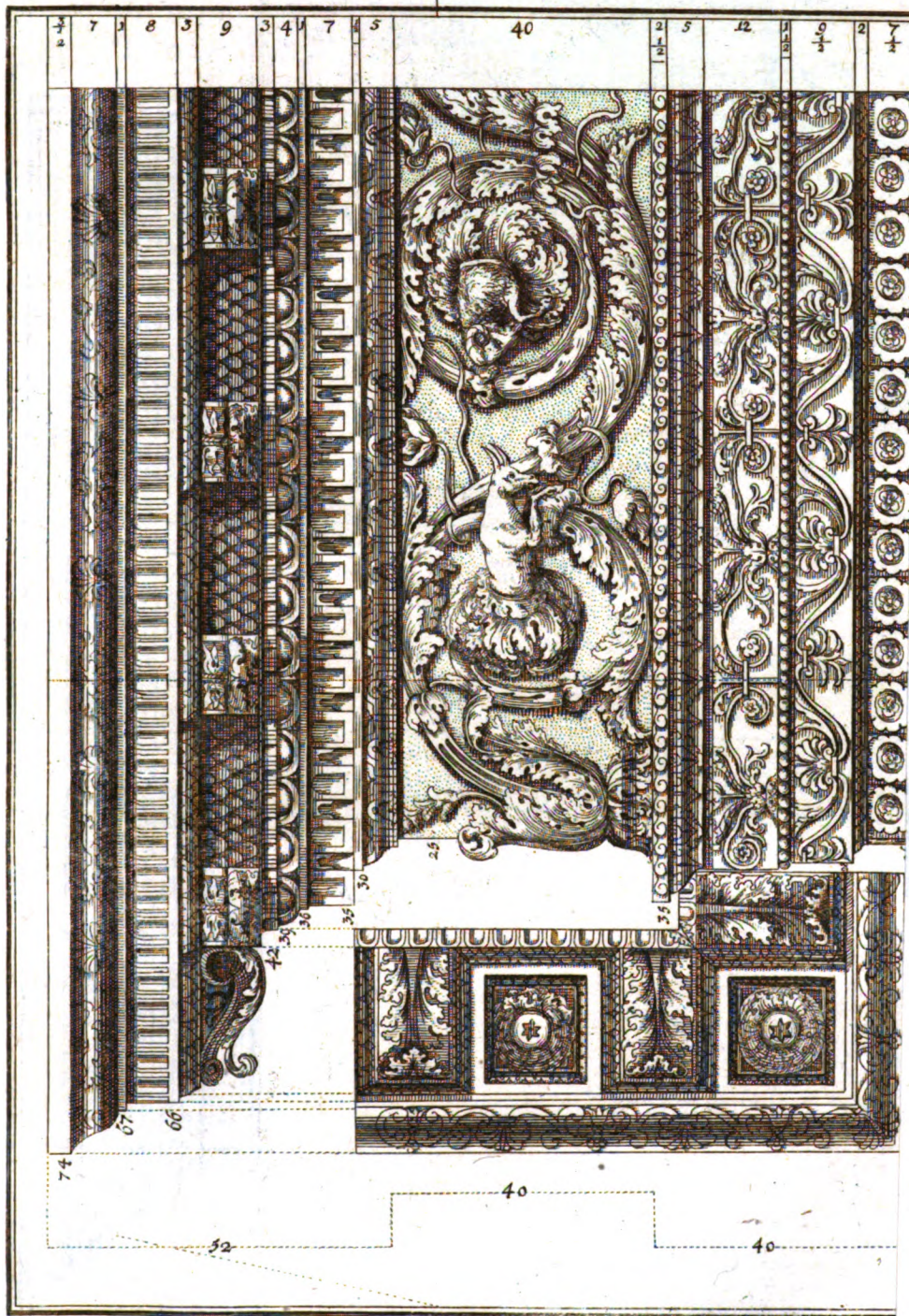
On

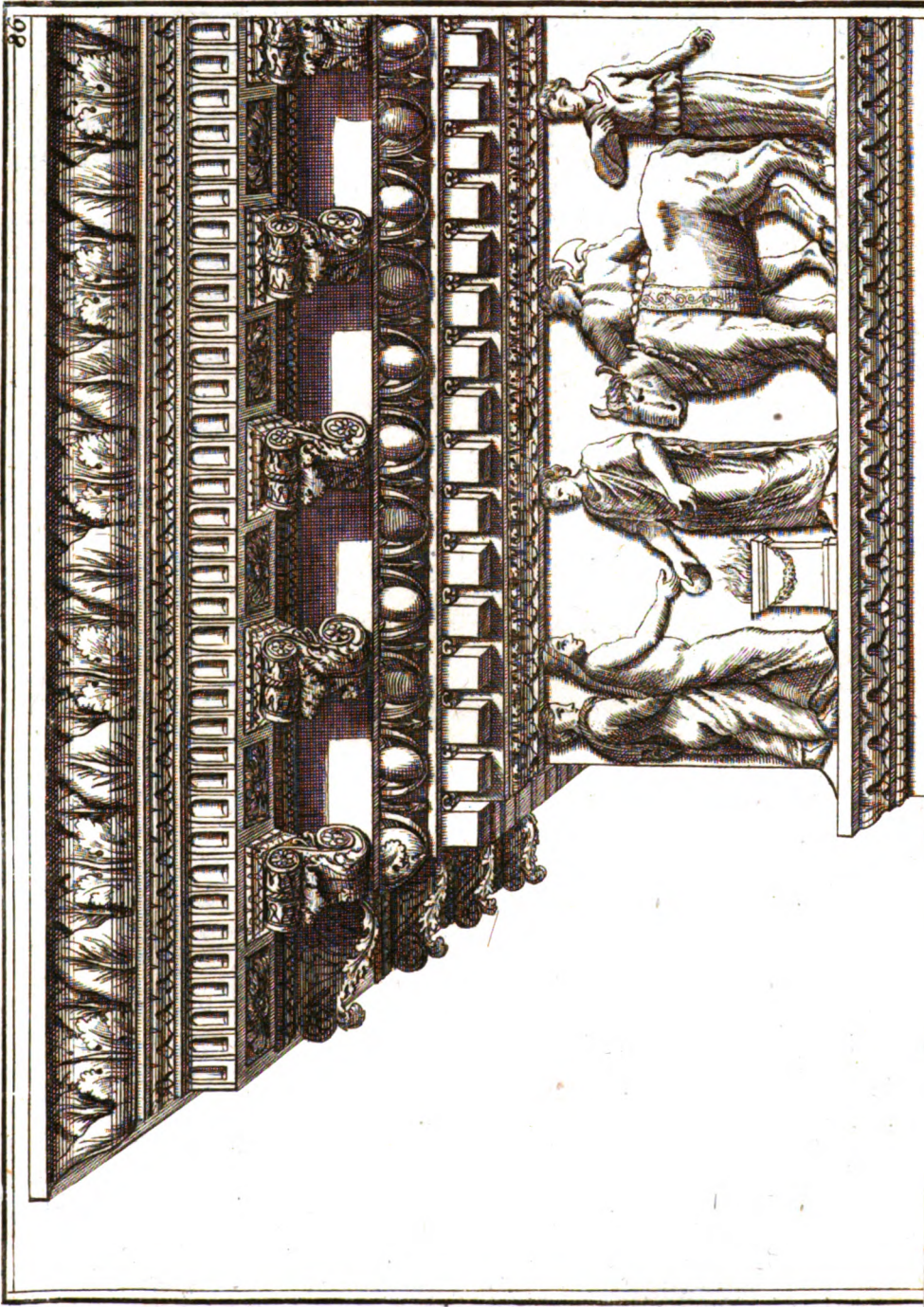


*Pro
fort
li*









On a aussi donné du renflement aux Colomnes à l'imitation du corps humain, qui est plus large vers le milieu que vers les extrémités : mais, les Architectes sont encore partagez sur ce sujet, parce qu'on n'en a point d'exemple antique ; il y en a même, qui traitent ce renflement d'abus insupportable : cependant, l'usage de renfler les Colomnes à leurs tiers est si pratiqué par les modernes, qu'on n'en voit presque point qui ne le soient : c'est pourquoi on a cherché plusieurs moyens pour le faire agreablement ; car, moins il est sensible, & plus il est beau. Or, pour savoir de quelle maniere on doit les diminuer ou les renfler, voici les deux Pratiques que donne Vignole, que je rapporterai preferablement à plusieurs autres qui sont à la verité moins mécaniques, mais plus difficiles à executer.

Maniere de diminuer les Colomnes.

Après avoir déterminé la hauteur & la grosseur des Colomnes, avec la quantité dont on veut qu'elle diminue depuis le tiers jusqu'au haut, il faut d'écrire un demi-cercle sur le diamètre CD , ensuite mener la parallele GE à l'Axe AB , enforte qu'elle vienne rencontrer le demi-cercle au point E , afin d'avoir l'arc CE : l'on divisera ensuite la ligne AM en un certain nombre de parties égales, comme en 10 ou 12 ; mais, je me contenterai de ne la diviser ici qu'en six, afin de rendre la figure moins confuse : il faut diviser de même l'Arc CE en autant de parties égales que la ligne AM , & par chaque point de division mener des paralleles à l'Axe : on menera aussi par les points I d'autres paralleles au diamètre CD , qui, venant rencontrer les précédentes, donneront les points K qui marqueront de combien la Colonne doit diminuer. Or, pour tracer cette diminution, il faut prendre une grande Regle flexible, & la faire passer par tous les points que la courbe doit rencontrer.

PLANCH.
48.

Maniere de renfler les Colomnes.

Ayant déterminé les mesures de la Colonne & tiré le diamètre DE , qui doit passer par le tiers de l'Axe AB comme ci-devant, il faut avec le Compas prendre le demi-diamètre CE , (que je suppose égal à celui de la Colonne) & le porter à l'extrémité G du diamètre GH , enforte que venant rencontrer l'Axe AB au point I , la ligne GI soit égale au demi-diamètre CE : ensuite il faut prolonger cette ligne aussi-bien que le diamètre DE , de maniere que l'un & l'autre, venant se rencontrer, donnent le point F , duquel il faut tirer un nombre de lignes qui viendront couper l'Axe de la Colonne,

F 3.

en

en autant de points differens LL &c. au-deffus & au-deffous du point C ; sur chacune de ces lignes au de-là de l'Axe, il faut faire LK égal à GI , c'est-à-dire au demi-diamètre CE , & alors on aura tous les points K , par lesquels doit passer la courbe qui fera le renflement & la diminution de la Colonne.

Ce que l'on vient d'enseigner, au sujet de la diminution & du renflement des Colonnes, sert pour tracer l'épure, c'est-à-dire le patron, à l'aide duquel on pourra creuser dans une planche la courbure dont il s'agit, afin qu'appliquant ensuite cette concavité sur le vif de la Colonne, on puisse, en la faisant tourner à l'entour de l'Axe, diminuer le Fust, & lui donner une figure qui s'accorde parfaitement avec ce que l'on aura tracé en premier lieu.

La difficulté d'avoir des pierres d'une assés belle grandeur, pour faire des Colonnes toutes d'une pièce, n'embarraçoit guère les Anciens; lorsqu'ils étoient contraints de les faire de plusieurs morceaux, ils les posoient avec tant de précaution les uns sur les autres, que les joints ne paroissent point: pour cela, ils laissoient le parement brut, comme je l'ai dit ailleurs, mais ils étoient très attentifs à tailler les pierres justes sur leurs lits, afin qu'elles se rencontraient parfaitement; se gardant bien de se servir de Cales pour les dresser & les ficher comme nous faisons aujourd'hui; & lors qu'elles étoient toutes posées, ils les polissoient & donnoient à leur face la figure qu'elles devoient former, poussant les moulures les plus délicates sur le Tas, parce qu'autrement elles n'auroient pû se rencontrer justes, si elles avoient été taillées chacune à part.

Il y a aparence que les Anciens n'ont jamais employé d'autres Colonnes que la Circulaire, puisque toutes celles qui nous restent ont cette figure; & je croi qu'il n'y a que le mauvais goût de quelques Architectes modernes, qui en ait pû imaginer d'Ovales, de Triangulaires, & à Pans. Un défaut insupportable des Colonnes Ovales, c'est que, si elles sont face par le côté du plus grand diamètre, & qu'on veuille se servir de ce diamètre comme de modules, elles deviennent d'une hauteur extravagante lorsqu'on les regarde du côté le plus étroit, parceque le petit diamètre n'a plus de proportion avec la hauteur de la Colonne le contraire arrive, si l'on veut prendre le petit diamètre: pour module, car quand on vient à les regarder du côté du grand, elles sont trop basses & trop écrasées. Je ne dis rien des Colonnes Triangulaires, étant si défectueuses, qu'elles ne meritent pas qu'on s'y arrête: à l'égard de celles qui sont à Pans, je les trouve plus supportables; mais, après tout, quelle nécessité de vouloir donner aux Colonnes des figures extraordinaires?

Est

Est-il possible, que les hommes aient tant de peine à se conformer aux Regles de la Nature, & qu'ils ne feroient jamais convaincus que ce n'est qu'en l'imitant qu'on peut réussir !

Les Colonnes Torses paroissent aussi peu approuvées des habiles gens ; car, les Colonnes étant faites pour soutenir un fardeau, la raison veut qu'on leur donne toute la force qu'elles peuvent avoir : ainsi, c'est un défaut de les affoiblir par des retours qui les éloignent de la perpendiculaire. Cependant, leur beauté a fait qu'on n'a point eu égard à cette considération, puisqu'on les emploie aujourd'hui comme un des plus beaux ornemens qu'il y ait dans l'Architecture, non pas à la vérité à des endroits qui demandent de la solidité, mais dans des lieux de distinction, comme aux Autels, aux Tombeaux, aux Salons, &c. Au reste, comme les occasions de s'en servir semblent n'avoir pas grand rapport avec un Traité comme celui-ci, je ne m'arrêterai point à montrer comme on s'y prend pour les tracer, parce que d'ailleurs il n'y a point de Livre d'Architecture où elle ne se trouve.

Il y a aussi des Colonnes symboliques, & qui representent des Figures humaines : leur origine vient des Grecs, qui, voulant conserver la memoire de leurs victoires, donnoient souvent, aux Colonnes de leurs édifices publics, la Figure & la Ressemblance de leurs ennemis. Les femmes des *Cariens* ayant été reduites en servitude, & les *Perfes* vaincus par les Lacedemoniens à la Bataille de *Platée*, furent les premiers sujets de ces Colonnes ; de-là sont dérivez les noms des *Cariatides* & des *Perfiques*, qu'on a donnez depuis aux Colonnes qui ont été faites sous des Figures humaines : cependant, on ne donne plus aux Cariatides des representations d'esclavage & de servitude comme autrefois ; ces caracteres étant trop injurieux au beau sexe, on leur en donne de tout opposées, ne les employant plus que sous les simboles de Prudence, de Sageffe, de Justice, de Temperance, &c. Quand elles sont izolées, elles ne doivent porter tout au plus que quelque Balcon, Tribune, ou Couronnement léger ; mais, lorsqu'elles joignent un mur, il est à propos de les mettre sous une Console qui paroisse porter tout le poids de l'Entablement.

Les Colonnes Perfiques sont le plus souvent representées sous des Figures d'hommes nerveux & barbus ; elles conviennent beaucoup mieux que celles des femmes, pour représenter l'esclavage : on en fait aussi des simboles de Vertu, de Force, de Valeur, & même des Divinitez de la Fable, comme quand on leur donne des Figures d'Hercule, de Mars, de Mercure, ou de Faune & de Satire.

Il y a encore d'autres Colonnes Symboliques de Figures humaines, dont la moitié du corps paroît sortir d'une gaine: ces Colonnes sont nommées *Thermes*, & ne doivent jamais entrer en parallèle avec d'autres Colonnes, non plus que les Cariatides; cependant, elles ont cet avantage qu'on leur donne telle élégance que l'on veut, en allongeant leurs gaines pour les faire monter à une hauteur convenable à l'Entablement qui est au-dessus.

Comme les Figures contribuent extrêmement à enrichir la Décoration, & qu'il faut beaucoup d'Art pour qu'elles accompagnent les Ordres agreablement, voici quelques Observations de Mr. de la Hire, tirées du Traité d'Architecture qu'il a dicté autrefois dans son Ecole du Louvre.

Je suppose ici que l'Ordre est Ionique & qu'il tient le milieu entre les autres, afin de faire une comparaison plus juste, & qui convienne mieux entre les Figures & les Colonnes; je suppose aussi que la Colonne a 18 modules ou 9 diamètres de hauteur.

Je prens d'abord une Colonne d'une moyenne grosseur, dont la hauteur est de 18 pieds & le diamètre de 2 pieds, & je trouve par experience qu'une Figure qui a 6 pieds de hauteur peut fort bien l'accompagner: cette Figure sera donc le tiers de la hauteur de la Colonne.

Si la Colonne a 27 pieds de hauteur ou 3 pieds de diamètre, l'on peut donner à la Figure 7 pieds & demi: si elle a 36 pieds de hauteur & 4 pieds de diamètre, la Figure peut avoir environ 9 pieds: si elle a 45 pieds de hauteur & 5 de diamètre, la Figure peut en avoir 10 & demi; enfin, si la Colonne a 54 pieds de hauteur & 6 pieds de diamètre, on peut donner à la Figure 12 pieds de hauteur.

Dans ces proportions la Figure est augmentée depuis 6 pieds, à raison d'un pied par toise d'augmentation à la hauteur de la Colonne; mais, si la Colonne n'a que 12 pieds de hauteur & un pied & demi de diamètre, une Figure de 5 pieds peut fort bien y convenir. Si elle n'avoit que 9 pieds de hauteur, on y pourra mettre une Figure de 4 pieds & demi: ce qui montre aussi que la même règle pourra servir pour les Colonnes plus petites que 18 pieds, en diminuant la hauteur des Figures au-dessous de la moyenne qui est de 6 pieds, à raison d'un pied par toise de diminution de hauteur à la Colonne, & semblablement dans une même raison pour les hauteurs qui sont entre deux.

Pour ce qui est de la proportion que doivent avoir entr'elles des Figures posées en différente hauteur, il n'est pas possible d'en donner

ner de mesures certaines à cause qu'on juge la Figure plus ou moins éloignée de l'œil suivant les accompagnemens. On doit aussi remarquer que les Figures, qu'on met sur les Colomnes, doivent être un peu plus grandes que celles qui sont posées contre les Bâtimens, ou dans une Niche; & moins grosses & moins garnies de Draperie que celles qui sont izolées, & qui n'ont point d'autres fond que le Ciel.

CHAPITRE NEUVIÈME.

De la Proportion des Pilastres & des Frontons.

LES Pilastres sont des Colomnes quarrées de plusieurs especes, dont les differences se prennent de la maniere qu'elles sont appliquées au mur: il y en a d'entièrement izolées, d'autres attachées aux encoignures des Edifices & qui n'ont que deux faces, d'autres qui étant enfoncées en partie dans le mur ne presentent que la face de devant, & ce sont les plus en usage aujourd'hui.

Les Pilastres quarrés & izolés s'employent aux extrémités des Portiques, pour donner plus de fermeté aux encoignures: les autres, qui sont engagés dans le mur, servent à décorer les Edifices avec beaucoup de grace; mais, pour qu'ils puissent réussir, il y a plusieurs choses à observer à l'égard de leurs faillies, de leur diminution, de la maniere que l'Entablement doit poser dessus, & de la façon qu'ils doivent être canelés.

La faillie des Pilastres, qui n'ont qu'une face hors du mur, doit être de toute la moitié, ou ne sortir au plus que de la sixième partie lorsqu'il n'y a aucune raison qui oblige de lui en donner davantage: par exemple, quand les Pilastres doivent recevoir des impostes qui viennent profiler contre leurs côtés, il faut alors leur donner pour faillie le quart du diamètre, c'est-à-dire le quart de la face qui tient lieu ici de diamètre; & cette proportion a cela de commode, qu'elle n'oblige point à tronquer irrégulièrement les Chapiteaux Corinthien & Composite, car il se rencontre que la feuille d'en bas est coupée justement par la moitié, & qu'à l'Ordre Corinthien la Tigette est coupée de même: par cette raison, lorsqu'on employe des demi Pilastres aux angles rentrans, il faut leur donner un peu plus de la moitié de leur diamètre.

On ne diminue point ordinairement les Pilastres lorsqu'ils n'ont

Livre V.

G

qu'u-

qu'une face hors du mur ; mais quand il s'en trouve sur un même allignement avec des Colomnes, & qu'on veut faire passer l'Entablement sur les uns & sur les autres, il faut alors donner aux Pilastres la même diminution qu'aux Colomnes : cela s'entend de la face de devant, car pour les côtés doivent rester aussi larges en haut qu'en bas ; mais, quand le Pilastre a deux faces hors du mur, comme cela arrive aux encoignures, & qu'il y en a une qui regarde une Colonne, cette face doit être diminuée de même que la Colonne.

Les canelures ; qui se font quelquefois aux Pilastres, doivent toujours être en nombre impair, afin qu'il s'en trouve une dans le milieu ; mais, s'il s'agit des demi Pilastres qui se rencontrent aux angles rentrants, on ajoute une canelure afin que le nombre en soit pair, & alors on en donne la moitié d'un côté & la moitié de l'autre ; c'est-à-dire que si dans un Pilastre entier on en mettoit 7, il en faudroit 4 à chaque demi Pilastre.

Les proportions des Bases des Chapiteaux & de l'Entablement pour les Pilastres sont les mêmes que celles des Colomnes de l'Ordre selon lequel on veut faire la Décoration : ainsi, je ne sache point qu'il y ait aucunes regles particulières à donner qui soient différentes de celles que nous avons enseignées pour la composition des ordonnances en general.

Quand les Pilastres sont engagés dans le mur, il faut prendre garde qu'ils saillent assés en dehors pour recevoir les Corniches des Portes, des Fenêtres, & des autres ouvertures qui seront entre-deux, les faillies des Corniches faisant un bon effet, lorsqu'étant continuées elles viennent mourir justement dans les flancs des Pilastres. C'est pourquoi Scamozzy veut que les Pilastres ne sortent au plus hors du mur que d'un quart de leur largeur : car, par ce moyen, dit-il, ils pourront recevoir dans leurs côtés toutes les faillies des ornemens des Portes & Fenêtres, qui ne doivent jamais excéder les Pilastres ; quoiqu'il y ait des exemples antiques & modernes, où l'on remarque que ces faillies s'avancent, non-seulement au-delà des Pilastres, mais même des Colomnes qu'elles embrassent en passant, ce qui fait un très-mauvais effet. Mais, s'il arrivoit qu'on fût obligé de donner aux Corniches des Portes ou des Fenêtres des faillies plus grandes que ne sont les flancs des Pilastres, il vaudroit en ce cas beaucoup mieux couper ces Corniches au droit des Tableaux des Portes ou Fenêtres, & les continuer en Platte-Bande seulement couronnées de quelques Cymaises ou autres moulures, qui toutes ensemble eussent autant de faillie que le flanc du Pilastre, que de les faire avancer avec toute leur portée.

Lors-

Lorsque les Pilastres engagés dans le mur n'ont pas trop de saillie, l'on peut faire regner les Architraves sans interruption, & les laisser déborder en dehors du mur qui est entre les Pilastres, d'autant qu'ils ont de saillie: mais, quand ils en ont par trop, il faut retirer les Architraves en dedans; & en ce cas, ou l'on rompt les Entablemens en les faisant ressaillir sur les Pilastres, ou bien l'on se contente de donner ces ressaits à l'Architrave seul, ou quelquefois même à l'Architrave & la Frise, laissant passer le reste de l'Entablement depuis un Pilastre jusqu'à l'autre sans interruption.

L'on peut faire le même raisonnement sur les Pilastres qui se mettent aux encoignures des murs: car, s'ils font face des deux côtés, il faut que les Architraves & les autres parties des Entablemens courent dans les retours sur les murs des flancs, de la même manière qu'ils auront été mis sur celui de la façade; c'est-à-dire, sans ressaits ou avec ressaits, si ce n'est qu'ayant donné aux Pilastres beaucoup de saillie sur les faces de devant, qui ayent obligé à faire des ressaits dans l'Entablement, on ne la retranche sur les flancs, & par ce moyen on peut faire courir l'Architrave & le reste de l'Entablement sans interruption.

Si le Pilastre angulaire se termine sur l'alignement du mur de côté, sans y faire face, & sans avoir aucune saillie au dehors de cette part, il faut en ce cas que l'Entablement qui est sur le devant vienne mourir dans le retour du coin du flanc du Pilastre, sans le faire passer sur le mur de côté; ou si l'on veut que le flanc soit couvert de l'Entablement, il faut que le coin du retour de l'Architrave soit au dehors du vif du Pilastre.

Quelquefois, quand le dernier Pilastre de la façade ne se trouve point sur le coin du retour, & laisse une Alete dans l'encoignure; & qu'il y ait un autre Pilastre à pareille distance dans le mur du flanc, il faut faire tourner l'Entablement de l'un à l'autre avec des ressaits sur le coin. S'il s'en rencontre dans la façade, ou bien s'il n'y en a point, on le fera passer droit sur les côtés sans ressaits; & s'il n'y avoit point de Pilastres sur le côté, il faudroit continuer l'Entablement de devant avec des ressaits ou sans ressaits suivant l'ordonnance de la façade jusques sur le coin du mur, d'où il doit retourner tout droit sur les flancs, en laissant seulement à l'Architrave autant de saillie qu'il lui en faut pour le dégager du mur.

Toutes ces pratiques sont bonnes, & il y en a de beaux exemples dans les Ouvrages les plus approuvés; mais, dans tout ceci, il faut remarquer que l'on suppose que les Pilastres sont seuls, & n'accompagnent point de Colonnes.

PLANCH.
48.

Les Frontons augmentent aussi beaucoup la beauté des façades lorsqu'ils sont mis à propos; mais, pour qu'ils aient plus de grace, il faut que le corps qui en est couronné fasse quelque saillie, afin de se distinguer & maîtriser les autres parties continuées de l'Edifice.

Selon Scamozzy, pour avoir la plus belle proportion des Frontons, il faut diviser la Corniche AB qui lui sert de Base en neuf parties égales, & en donner deux à la perpendiculaire EC , pour déterminer la hauteur qu'il doit avoir depuis l'Entablement jusqu'au sommet; cette proportion étant plus agréable à la vue, que de lui donner pour hauteur la cinquième partie de la Base comme font quelques Architectes, & plus commode pour faciliter l'écoulement des eaux. On peut aussi tracer un cercle dont la Base AB servira de diamètre que l'on divisera en deux également, par la perpendiculaire DF & du point D comme centre, & de l'intervalle DA , on décrira l'arc ACB qui venant couper la perpendiculaire au point C , on n'aura qu'à tracer l'angle ACB , qui donnera celui qui doit former le Fronton. L'on remarquera que cet angle est égal à celui de la circonférence d'un Octogonne, puisque le point D , étant le centre de l'arc que l'on a décrit, les deux rayons DA & DB , forment un angle droit.

Il se fait aussi des Frontons en portion de cercle qui ont la même hauteur que les Triangulaires, puisque l'Arc $AGHB$, qui en détermine la figure, doit avoir pour centre le point D , dont nous nous sommes servi pour le précédent: on peut donc dire, que les Frontons ronds sont composés d'un segment de cercle qui comprend le quart de la circonférence.

Quand on a un rang de Fenêtres sur un même alignement, & qu'on veut les couronner par des Frontons, il faut pour les varier les faire alternativement ronds & triangulaires; en sorte qu'ils répondent avec symétrie à droit & à gauche du milieu de la façade; ainsi qu'on l'a pratiqué à la Galerie du Louvre & aux Thuilleries. Cependant, quoique ce Bâtiment soit des plus magnifiques, & qu'on pourroit le citer pour exemple en bien des choses, je ne saurois m'empêcher de dire qu'il est ridicule de voir qu'on ait affecté d'y mettre une si grande quantité de Frontons: les choses qui réussissent le mieux ont besoin d'être ménagées; autrement, quand elles sont trop répétées, elles apportent plus de confusion que d'agrément.

Soit qu'on fasse les Frontons triangulaires ou circulaires, la Corniche qui couronne le timpan doit toujours être semblable à celle de l'Entablement: il faut seulement remarquer, que la partie de la Corniche qui sert de Base au Fronton doit être sans Cymaise, parce

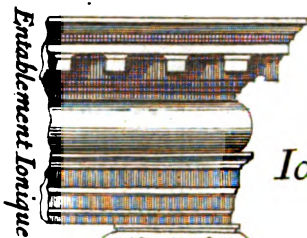
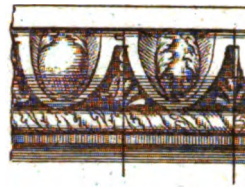
Talon avec ses Ornaments



Doucine avec ses Ornaments

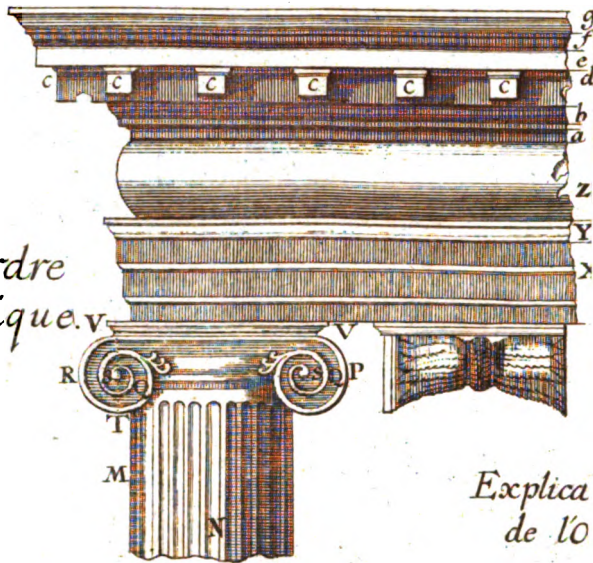


Quart-de-rond a

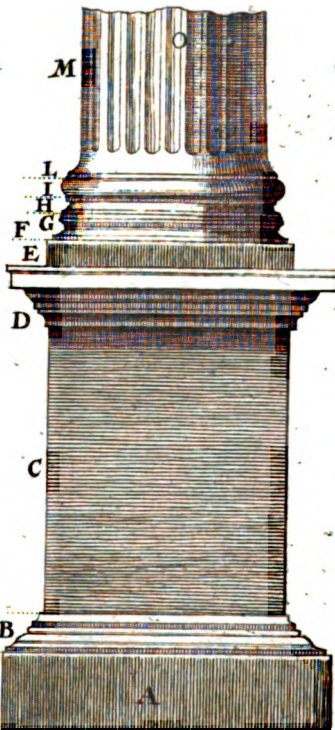


Entablement Ionique

Ordre
Ionique.



Colonne Ionique Cannelée



Explica
de l'O

- A Zocle du piédestal
- B Base du piédestal
- C De l'Abaque, ou du piédestal
- D Corniche ou Cy
- E Plinthe, Orle ou de la Base de l'entablement selon Vitruve
- F Seconde Scotie
- G Rondeau, Anneaux ou Tondis
- H Première Scotie
- I Thors ou Batons
- L Ceinture ou R.
- M Vis de la Colonne
- N Cannelures de la Colonne
- O Listel
- P Ore ou Echine
- Q Canal Creux ou
- R Volute
- S Oeil de la Volute

ce que la Cymaise du reste de la Corniche, venant à rencontrer le Fronton, passe par-dessus, comme on le peut voir dans les Figures X & T de la Planche 48. dont il y en a une qui marque plus en grand que l'autre de quelle manière la Corniche du Fronton doit se rencontrer avec celle de l'Entablement.

Quand il y a des modillons à la Corniche de l'Entablement, on en met aussi à celle du Fronton; & ces derniers doivent se rencontrer à plomb avec ceux de l'Entablement. Vitruve dit que les Anciens n'approuvoient pas les Modillons dans la Corniche d'un Fronton, parce que selon eux ces Modillons n'ayant été imaginés que pour représenter des extrémités de chevrons, c'étoit mal-à-propos qu'on en vouloit exprimer dans les pentes d'un Fronton où il ne s'en pouvoit rencontrer: mais les Modillons étant plutôt des ornemens pour soulager la grande faille du Larmier, que pour représenter des chevrons ou autres pièces de Charpente, on ne doit point avoir égard à ces prétendues raisons; d'autant plus que ces ornemens font un très-bon effet, sur-tout quand on les emploie dans de grands Frontons.

Il est à remarquer, que le nud du Fronton, c'est-à-dire son Timpan doit toujours répondre à plomb sur la Frise de l'Entablement qui est au-dessous; cependant, il est assez ordinaire d'y faire des ornemens de sculpture qui représentent le caractère de l'Edifice: on y met quelquefois les Armes du Roy ou des Trophées, quand il s'agit de quelque Bâtiment Militaire, comme on l'a pû voir sur plusieurs Planches du quatrième Livre.

Un Fronton pointu peut couronner jusqu'à trois Arcades ou trois grandes Croisées qui seroient dans le milieu de la façade d'un Bâtiment; mais le rond ne peut couronner qu'une Arcade agréablement: & quand on en voudra mettre deux l'un sur l'autre, il est bon que l'un soit ceinturé & l'autre pointu, & que ce dernier termine la façade en forme de Pignon. Il y a des Architectes, qui ont mis fort mal-à-propos deux Frontons l'un dans l'autre, comme on en voit au vieux Louvre; mais, en vérité, de pareilles licences méritent d'être sifflées, & choqueront toujours les personnes de bon goût.

Vitruve voudroit que toutes les parties qui sont au-dessus des Colonnes & des Pilastres, c'est-à-dire qui sont élevés au-dessus de la vûe, comme les faces de l'Architrave, la Frise, le Timpan du Fronton, les Acroteres, aussi-bien que leurs Figures ou Statuës, fussent inclinés en devant de la 12^e partie de leur hauteur; mais, n'ayant pas d'autre raison pour cela, que d'exposer ces parties plus à la vûe de ceux qui les regardent de bas en haut, je ne croi pas qu'on doive

suivre son sentiment, qui n'est appuyé que d'une opinion particulière qui préjudicieroit considérablement à la règle générale, qui veut que toutes les parties d'un Bâtiment & d'une belle Architecture soient bien à plomb, parce qu'autrement elles feroient un très-méchant effet étant regardées de côté d'où elles paroîtroient comme prêtes à tomber en devant. Cependant, les Sculpteurs observent cette maxime de Vitruve fort judicieusement à l'égard de leurs Statues, lorsqu'elles doivent être élevées allés haut, & qu'elles ne peuvent être vues que par-devant & de bas en haut.

Je ne dis rien des Frontons coupés pour faire place à des Tableaux ou à des Cartouches, de ceux qui sont brisés sur le haut & repliés en dedans, des autres roulés en Volute, ni de ceux qui sont renversés la pointe en bas, n'y ayant rien de plus disgracieux & de plus contraire à leur usage, qui est de couvrir entièrement ce qui se trouve au-dessous.

PLANCH.
51.

Il me reste à parler des *Acroteres*, qui sont des petits Piédestaux que l'on met sur le coin & au sommet des Frontons, afin d'y poser des Figures, comme on le peut voir sur la 51^e Planche. Scamozzy, après avoir examiné la règle de Vitruve sur ce sujet, & y avoir trouvé plusieurs défauts, en prescrit une que Mr. Blondel approuve fort, qui est de faire la hauteur du Dé des Acroteres des coins, égale à la saillie de la Corniche de l'Entablement, observant que celui du milieu, c'est-à-dire qui est posé au sommet du Fronton, soit un peu plus élevé que les précédens.

La largeur du Dé des Acroteres, suivant le même Architecte, doit être égale à celle du haut des Colonnes auxquelles ils doivent répondre : mais, ceci ne peut avoir lieu que quand l'on ne met qu'une Statue à chaque coin ; car, si l'on avoit dessein d'y placer un Groupe de Figures, il faudroit alors continuer la largeur des Acroteres, & la faire mourir sur les côtés du Fronton.

On ne fait point ordinairement de Base à ces sortes de Piédestaux, parce qu'elle ne seroit point vue, à cause de la saillie de la Corniche de l'Entablement ; ainsi, après avoir fait la hauteur du Dé égale à la saillie de la Corniche de l'Entablement, comme nous le venons de dire, il faut le couronner par une petite Corniche qui soit proportionnée à la hauteur du même Dé, observant de ne lui donner que peu de moulures, afin qu'on puisse les distinguer de loin.

C H A-

CHAPITRE DIXIÈME.

Des Peristiles ou Colonnates, des Arcades, & des Niches,

L'ON n'a rien imaginé jusqu'ici de plus grand & de plus superbe pour orner les Bâtimens considérables, que les Peristiles ou Portiques. Les Anciens s'en servoient aux Temples, aux Basiliques, aux Places, & aux Marchez publics: nous avons en France des morceaux dans ce genre qui feront à jamais l'admiration des connoisseurs, entr'autres le Peristile du Louvre à Paris, qui est assurément l'ouvrage le plus achevé & le plus parfait qu'il y ait. C'est encore ici, comme en tant d'autres choses, que les Architectes anciens & modernes sont fort partagés, pour déterminer les Entre-Colonnes dans tous les Ordres; car, il est assés difficile de savoir à qui donner la préférence: ce sujet est pourtant essentiel pour la beauté & la solidité des Edifices, puisqu'à le bien prendre c'en est là le point critique.

Quand les Colonnes sont izolées & qu'elles composent des Colonnates, Vignole, pour en regler l'intervale dans l'Ordre Toscan, donne 4 modules deux tiers du Fust de l'une au Fust de l'autre, dans l'Ordre Dorique 5 & demi, dans l'Ionique 4 & demi, & dans le Corinthien & le Composite 4 modules deux tiers comme au Toscan; ce qui est assés extraordinaire, d'avoir laissé des intervalles égaux aux Ordres les plus éloignés l'un de l'autre, comme sont le Toscan & le Corinthien, aussi-bien que d'avoir fait les Entre-Colonnes Doriques plus grands que les Toscans, contre le Sentiment de Vitruve, qui veut que les Entre-Colonnes des Ordres massifs soient plus grands que ceux des plus légers.

La Regle de Scamozzy est différente; il donne 6 modules aux Entre-Colonnes Toscanes, 5 & demi aux Doriques, 5 aux Ioniques, 4 & demi aux Composites, & 4 aux Corinthiens: ainsi, il prend trois nombres proportionnels Arithmetiques entre 6 & 4, qu'il regarde comme les termes extrêmes de ces Entre-Colonnes. Et pour ne point tomber dans la faute qu'il reproche aux autres Architectes, qui font tous leurs Entre-Colonnes égaux, il donne plus de largeur à celui du milieu des façades, qu'aux autres qui sont à droit & à gauche: par exemple, selon lui, il faut que l'Entre-Colonne du milieu pour l'Ordre Dorique soit plus grand que les autres d'un

d'un Trigliphe & d'un Metope; & à l'Ionique, au Composite, & au Corinthien, plus grands d'un *Mutule*.

Les Regles précédentes ne sont point si générales, qu'on ne puisse quelquefois s'en écarter, parce que l'Entablement des Ordres oblige à certaines sujétions, auxquelles il faut avoir égard absolument pour regler les Entre-Colomnes: il n'y a que l'Ordre Toscan qui peut s'exécuter sans aucune difficulté, parce qu'on n'est pas gêné par les Triglyphes, les Denticules, ni les Modillons; car il suffit pour cet Ordre, que l'Entablement soit solidement établi, & n'aye pas trop de portée.

Il n'en est pas de même pour le Dorique, étant le plus difficile de tous à mettre en œuvre, parce que la distance de ces Colomnes est déterminée par les espaces des Triglyphes & des Metopes; car entre deux Colomnes il ne peut y avoir que depuis un Trigliphe jusqu'à 5, prenant garde qu'on ne compte que ceux qui portent sur le vuide, & non pas ceux qui sont à plomb sur les Colomnes. Plusieurs n'ont pas voulu se contraindre à la précision que cet Ordre demande, & ne se sont point embarrassés de s'assujétir à faire les Metopes quarrés; mais, comme c'est justement de-là que dépend la beauté de cet Ordre, ceux qui n'ont pas suivi la maxime des Anciens n'ont pas été approuvés: d'autres, pour n'être contraints en rien, ont exécuté l'Ordre Dorique sans Triglyphes ni Metopes, n'ayant mis nulle distribution dans la Frise, mais alors c'est le priver de ce qu'il a de plus beau pour en faire un autre auquel on ne fait quel nom donner.

A l'égard des trois autres Ordres, la sujétion n'en est pas si grande pour regler les Entre-Colomnes, ne s'agissant que d'avoir égard à la distribution des Modillons & des Denticules, mais principalement des Modillons, parce qu'on doit observer pour regle constante, qu'il doit toujours y en avoir un qui réponde au milieu de chaque Colonne; & c'est au jugement de l'Architecte, de proportionner si bien la grandeur, la saillie, & l'espace des autres, que le tout puisse cadrer de maniere, qu'il ne paroisse pas qu'on ait été gêné en rien.

Outre les cinq especes d'Entre-Colomnes dont nous venons de parler, les Modernes en ont inventé une sixième, que l'on nomme *Colomnes Couplées*; parce qu'elles sont deux à deux fort près l'une de l'autre; par exemple, s'il y a plusieurs Colomnes de suite disposées selon les regles précédentes, on accouple la 2^e avec la première, la 4^e avec la 3^e, la 6^e avec la 5^e: c'est ainsi qu'on a fait le Peristile du Louvre dont j'ai parlé; &, quoi qu'il y ait peu d'exem-
ples

ples antiques où cela ait été pratiqué, on a trouvé que les Colonnates dans ce goût-la réussissoient si bien, qu'il n'y a presque point de Bâtiment considérable où il n'y en ait.

Les Colomnes couplées n'ont ordinairement qu'un Piédestal commun, parce que devant être autant près l'une de l'autre qu'il est possible, si l'on vouloit que leurs Piédestaux fussent séparés, les Corniches & les Bases de ces Piédestaux se trouveroient confondus ensemble, ce qui feroit un méchant effet. Cependant, si les deux Colomnes pouvoient être assés éloignées l'une de l'autre pour ne pas mêler les Corniches & les Bases des Piédestaux, elles pourroient avoir chacune le leur, ce qui est quelquefois nécessaire comme quand deux Colomnes sont élevées sur deux autres, parce qu'alors il est à propos de rendre les Piédestaux légers.

Quand il y a plusieurs Colomnes de file à une égale distance, ou même quand elles sont couplées, on leur donne encore un espede de Piédestal commun qui regne sur toute la longueur du Peristile & n'est qu'à hauteur d'apui: & l'intervale qu'il y a d'une Colonne à l'autre se remplit par une balustrade qui lie ensemble toutes les parties qui servent de soubassement.

La règle la plus générale que l'on suit aux Arcades des Portiques est de leur donner pour hauteur deux fois leur largeur, & c'est ce que Vignole fait aux Arcades de l'Ordre Toscan, Dorique, & Ionique; mais pour le Corinthien & le Composite, il leur donne pour hauteur un module de plus que le double de leur largeur; cependant comme les Colomnes qui accompagnent ces Arcades apportent quelque changement à leur largeur, parce qu'elle se fait plus grande quand il y a des Piédestaux aux Colomnes que quand il n'y en a point, voici encore ce que Vignole prescrit pour ces deux cas.

Dans l'Ordre Toscan, quand il n'y a point de Piédestaux aux Colomnes, il faut donner 6 modules & demi de largeur aux Arcades & 3 à leurs Jambages; mais, quand les Colomnes ont des Piédestaux, la largeur des Arcades se fait de 3 modules 3 quarts, & celle des Jambages de quatre.

Dans le Dorique sans Piédestaux, il faut donner 7 modules de largeur aux Arcades & 3 à leurs Jambages; & quand il y a des Piédestaux, la largeur des Arcades se fait de 10 modules & celles des Jambages de cinq.

Dans l'Ionique sans Piédestaux, la largeur des Arcades doit être de 8 modules & demi, & celle des Jambages de 3; & quand il y a des Piédestaux, il faut 11 modules de largeur aux Arcades & 3 aux Jambages.

Livre V.

H

Enfin

Enfin aux Ordres Corinthien & Composite sans Piédestaux, il faut donner 9 modules à la largeur des Arcades & 3 à celle des Jambages; & quand il y a des Piédestaux, la largeur des Arcades se fait de 12 modules, & celle des Jambages de trois.

Quand les Colonnes sont engagées dans les Jambages, Vignole veut dans tous les Ordres que la partie engagée ne soit que les 3 quarts du demi-diamètre. Scamozzy ne suit pas tout-à-fait cette règle, voulant que la Colonne sorte au juste des 3 quarts de son diamètre.

Comme il arrive souvent qu'on fait des Arcades sans Colonne ni Pilastre, il est bon d'observer qu'il faut autant qu'il est possible donner à leurs Jambages les mêmes proportions que s'il y en avoit, & de ne jamais faire les Jambages plus larges que la moitié de l'Arcade, ni plus étroit que le tiers, & que les Bayes soient toujours plus grandes aux ordres massifs qu'aux plus délicats.

Pour empêcher que la ligne courbe de l'Arcade, en venant joindre la ligne à plomb de l'Alette, ne paroisse faire un jarret ou coude, on termine les piédroits par une imposte, qui n'est autre chose qu'une petite Corniche dont la saillie ne doit point excéder les Pilastres quand il y en a aux Jambages, ni la rondeur ou le plus gros des Colonnes; & c'est ce que Vignole a parfaitement bien observé dans les desseins des impostes qu'il a donnés pour tous les Ordres, n'ayant pas suivi la plupart des Bâtimens antiques, où elles ont une si grande saillie, qu'elles semblent être plutôt des Corniches d'Entablement, que des Coussinets pour recevoir la retombée des Arcades avec leurs Bandeaux ou Archivoltes.

Selon Scamozzy, les impostes des grandes Arcades, dont les Colonnes ne portent que sur des Socles sans Piédestaux, doivent avoir de hauteur une treizième partie & demi de celle des Jambages: il ajoute que les Bandeaux de l'Arc, ou Archivolte, ne doivent jamais avoir pour l'Ordre Toscan plus de largeur que la neuvième partie de celle de l'Arcade, & la dixième pour le Corinthien, ainsi entre ces deux proportions pour les autres Ordres. A l'égard du Bossage de la clef qui excède le Bandeau de l'Arc, suivant le même Architecte, il le faut faire au moins de 2 tiers de modules, ou au plus d'un module, observant de lui donner moins de hauteur aux Ordres simples, & de l'augmenter à proportion aux Ordres délicats. Ces Bossages peuvent recevoir des ornemens conformes à l'usage du Bâtiment, comme des Consols, des Têtes d'Animaux, des Masques, des Casques, &c.

Pour donner quelque exemple de tout ce que nous venons d'en-

sei-

feigner, on peut confiderer un Portique Dorique représenté sur la 50^e Planche, par lequel on pourra juger de ceux des autres Ordres: on verra de même sur la Planche 51 un autre Portique suivant l'Ordre Ionique, tiré des Edifices antiques de Rome, rapporté par Mr. de Chambray, qui en parle comme du plus noble & du plus magnifique morceau qu'on puisse voir; il conviendra d'autant mieux ici, qu'on y verra l'assemblage de toutes les parties d'une ordonnance.

PLANCH.
50 & 51.

A l'égard des moulures & des autres ornemens qu'on peut donner aux impostes & aux Archivoltes des Arcades suivant les Ordres, on en peut voir des modeles sur la Planche 42: par exemple, les Figures 2 & 3. pourront servir pour les Arcades faites selon l'Ordre Toscan, la 7^e pour le Dorique, la 8^e pour l'Ionique, la premiere pour le Corinthien & la 6^e pour le Composite, les ayant dessinées d'après Vignole; pour ce qui est des nombres qui en déterminent les proportions, ils expriment des parties de module, selon que le module est divisé en 12 ou en 18 parties égales par rapport à l'Ordre dont il s'agit.

PLANCH.
42.

Pour dire aussi quelque chose des Niches, que l'on creuse dans les murs pour y placer agréablement quelques Statues, l'on saura que leur plus belle proportion est de leur donner pour hauteur 2 fois & demi leur largeur: ainsi, voulant faire une niche de 3 pieds de large, on donnera 6 pieds depuis le bas jusqu'à la naissance du demi-cercle du cul-de-four qui termine le haut de la niche; & comme la hauteur de ce demi-cercle se trouvera d'un pied & demi, celle de toute la niche sera de 7 pieds & demi, c'est-à-dire de 2 fois & demi sa largeur: pour ce qui est de l'enfoncement de la Niche, il se fait presque toujours d'un demi-cercle, dont le diamètre est égal à celui de la largeur de la Niche même.

Souvent les Niches ont une imposte & une Archivolte: la largeur de l'Archivolte se fait de la 6^e. ou 7^e. partie de l'ouverture de la Niche, & celle de l'imposte de la 5^e. ou 6^e. partie de la même ouverture; l'une & l'autre doivent être composées de moulures qui aient rapport à l'Architecture du lieu: mais, si la Niche étoit placée au-dessous d'une imposte, entre deux Colomnes ou Pilastres, alors elle ne doit point en avoir; parce que deux impostes l'une au-dessus de l'autre font un méchant effet: il ne faut pas non plus mettre de Niches entre les Pilastres, s'ils ne sont éloignés l'un de l'autre de près d'un tiers de leur hauteur; autrement elles seroient trop petites & trop étroites: à l'égard de l'élevation des Niches, le bas doit répondre au niveau des Corniches des Piédestaux des Pilastres ou Colomnes qui les accompagnent.

H 2

Com-

Comme il doit regner une proportion entre la hauteur des Niches & celle des Figures qu'on veut y placer, on observera de poser la Figure sur un Socle, dont l'élevation soit égale à la moitié de la hauteur de la tête de la Figure, & que le menton de cette Figure réponde à peu-près au niveau de l'imposte de la Niche: ainsi la Figure ayant 6 pieds, si on en ôte 9 pouces pour la hauteur de la tête qui en est ordinairement la 8^e. partie, il restera 5 pieds 3 pouces pour la hauteur du Socle, on aura 5 pieds 8 pouces pour celle de la Niche jusqu'à l'imposte, & 2 pieds 10 pouces pour sa largeur; c'est pourquoi la hauteur sous la clef fera de 7 pieds un pouce. Si la Figure avoit 9 pieds, on trouvera par la même règle que la hauteur de la Niche sous la clef fera de 10 pieds 6 pouces. On peut donc de-là tirer une règle pour la proportion de la hauteur des Niches avec celle des Figures, qui est d'ajouter à la hauteur de la Figure, autant de fois 2 pouces qu'elle a de pieds, ainsi pour une Figure de 5 pieds, la Niche doit être haute de 5 pieds 10 pouces.

CHAPITRE ONZIÈME.

De l'Assemblage des Ordres, ou de plusieurs Ordres mis les uns sur les autres.

QUAND on veut décorer un Edifice de conséquence par plusieurs Ordres d'Architecture differens, posés les uns sur les autres, on doit observer pour règle générale que le fort porte foible, c'est-à-dire que l'Ordre supérieur soit toujours plus délicat que l'inférieur: ainsi, il faut que le Toscan soit sous le Dorique, le Dorique sous l'Ionique, l'Ionique sous le Corinthien, & le Corinthien sous le Composite; en sorte que les Axes des Colomnes se rencontrent toujours en même aplomb.

Lorsque les Colomnes sont entièrement isolées, & qu'elles portent tout le poids de l'Entablement, la règle de Vitruve est que celles du second Ordre soient toujours un quart moindre en grosseur que celles du premier, & celles du troisième un quart moindre que celles du second; parce que, dit-il, il est juste que ce qui porte soit plus fort que ce qui doit être porté, & d'ailleurs pour imiter les Arbres dont la grosseur diminue toujours à mesure que la tige s'éloigne de la racine.

Ce

Ce qui nous est resté des Monumens antiques ne s'éloigne guère de cette règle, dit Mr. Blondel ; car les Colonnes du second Ordre du Portique de la Scene qui est au Théâtre de Pole en Dalmatie sont les trois quarts de celles de dessous ; celles du troisième Ordre du Settizone de Severe étoient aussi les trois quarts de celles du second : mais celles du second Ordre étoient plus hautes à l'égard de celles du premier ; car celles-ci ne surpassoient les Colonnes du milieu que d'une 6^e. partie, c'est-à-dire que la hauteur des Colonnes de dessous étoit à celles des Colonnes du milieu comme 6 à 5.

Scamozzy blâme cette règle de Vitruve, disant qu'elle n'est fondée sur aucune raison : il veut que les Colonnes de dessus prennent la mesure de leur grosseur sur celles de dessous, c'est-à-dire que la grosseur du pied de la Colonne supérieure doit être la même que celle du haut de la Colonne inférieure, comme si les Colonnes des différens Ordres provenoient d'un grand Arbre coupé par pièces, dont les morceaux étant posés les uns sur les autres suivroient leur diminution naturelle.

Serlio donne aussi pour règle générale aux ordonnances que l'on doit mettre l'une sur l'autre, que la supérieure soit toujours les trois quarts de celle sur laquelle elle pose immédiatement, excepté aux Edifices qui ont un rustique nud pour première ordonnance, parce qu'il est à propos que celle qui est au-dessus lui soit égale ; car autrement les ordonnances plus hautes paroîtroient trop petites, & le rustique seroit trop élevé à proportion du reste : les Ordonnances de cet Auteur sont toutes avec Piédestal, ou toutes sans Piédestal, afin que les supérieures étant divisées en même proportion que les inférieures, les Colonnes & les Entablemens de dessus se trouvent toujours les trois quarts de l'étage de dessous.

Sans m'arrêter à rapporter les différentes règles que les Architectes ont données pour la composition des ordonnances des Colonnes qui doivent être mises les unes sur les autres, nous nous en tiendrons à celle de Scamozzy qui me paroît bien entendue : c'est pourquoi je dirai une fois pour tout, que lorsqu'on voudra mettre deux Ordres l'un sur l'autre, il faut, après avoir déterminé la diminution de la Colonne de l'Ordre inférieur, se servir du demi-diamètre du haut du Fust pour le module qui doit régler l'ordonnance supérieure ; par exemple, voulant mettre le Corinthien sur l'Ionique, ayant vu dans le troisième Chapitre que la Colonne Ionique selon Vignole devoit diminuer par le haut de 3 parties de chaque côté, en sorte que le diamètre du sommet du Fust soit réduit à un module 12 parties,

il faut faire une ligne égale à la moitié de cette quantité, c'est-à-dire qui vaille 15 parties, & s'en servir pour le module qui doit régler l'Ordre Corinthien, après toutesfois qu'on l'aura divisé en 18 parties égales, afin de se conformer aux mesures dont Vignole se sert pour cet Ordre: de même, voulant mettre un troisième Ordre sur les deux précédens, c'est-à-dire le Composite sur le Corinthien, l'on verra que la Colonne Corinthienne devant diminuer de façon que le demi-diamètre qui est de 16 parties par le bas soit réduit à 15 par le haut, on se servira encore de ce demi-diamètre réduit pour le module qui doit régler la troisième ordonnance.

La règle précédente ne doit pourtant pas être regardée comme si générale, qu'on ne puisse s'en écarter quelquefois: car il arrive assez souvent qu'on est obligé d'assujettir la hauteur des Colonnes à celle des étages, aussi-bien qu'à la différence de leurs Ordres; car tantôt il faut avoir égard à la proportion que la hauteur d'un façade doit avoir avec sa largeur, tantôt à la hauteur de l'Edifice même; car à ceux qui sont fort élevés, le grand éloignement de la vûe peut altérer considérablement les mesures ordinaires & les rendre différentes de celles dont on se serviroit dans les distances moins éloignées: & c'est sans doute pour cette raison, dit Mr. Blondel, que l'Architecte du Colisée a donné plus de hauteur au Pilastré du dernier Ordre, qu'aux Colonnes Corinthiennes du troisième, & à celles-ci plus de hauteur qu'aux Colonnes Ioniques du second; car, après avoir disposé les deux premiers Ordres, de manière que les Colonnes Doriques du dessous fussent plus hautes que les Ioniques dans le rapport de 38 à 35. qu'il a pris comme celui qui répondoit assez juste à leur élévation, c'est-à-dire à la distance d'où elles devoient être vûes, il a fait celles du troisième Ordre plus hautes que celles du second, dans la raison de 37 à 35, & celles du dernier Ordre encore plus hautes que celles du troisième, dans la raison de 38 à 37, parce qu'il a crû que ces hauteurs, dans un si grand éloignement, seroient raisonnablement diminuées pour produire un bon effet aux yeux des Spectateurs.

La difficulté de bien déterminer les grosseurs des Colonnes que l'on met les unes sur les autres vient de la rigidité de cette règle d'Architecture qui ne souffre pas qu'il y ait aucune charge dans le Bâtiment, qui porte à faux; & comme elle veut que la Plinthe de la Base d'une Colonne réponde au vif du Dé du Piédestal sur lequel elle est assise, que l'Architrave réponde au vif du haut de la Colonne, & la Frise à celui de l'Architrave, aussi-bien que le nud du Timpan du Frontispice, il faudroit sur ce principe que la
Plinthe

Plinthe de la Base du second étage, au cas qu'elle se trouvât posée immédiatement sur la Corniche du premier, répondit au vif du haut de la Colonne de dessous, & que les membres que l'on voudroit mettre entre-deux, soit Socle, soit Piédestal, fussent situés de même. Mais, si l'on donne à toutes ces parties la saillie qui leur convient suivant la nature de leur Ordre, il arrive, ou que le vif de la Colonne de dessous se trouve le plus souvent reculé en arriere, & en retraite hors de l'aplomb de celui de la Colonne de dessous, ou que son diamètre est tellement diminué, que la Colonne devient hors de mesure, ce qui presente bien des difficultés qu'il n'est pas aisé de surmonter.

L'Architecte du Colisée, dit Mr. Blondel, ne s'est pas soucié que les Colonnes superieures fussent aplomb sur celles de dessous; au contraire, il les a reculées de beaucoup en arriere, les posant sur les retraites du corps du mur, & par ce moyen il a eu toute la facilité possible pour que rien ne porte à faux.

„ Nous avons un exemple de cette pratique, dit-il encore, au
 „ Portail de l'Eglise S. Louis des PP. Jesuites de la Rue S. Antoine
 „ à Paris, où les Colonnes des Ordres superieurs se retirent par de-
 „ gré en dedans; ce qui ne paroît point de front, mais seulement
 „ lorsqu'on les regarde de profil: & cela, suivant le sentiment de
 „ quelques Modernes, fait un méchant effet à la vûe.

„ Ces mêmes Architectes, pour éviter ces embarras, sont d'avis
 „ que l'on ne mette jamais de Piédestaux dans les Ordonnances su-
 „ perieures, mais seulement des Socles sous les Bases des Colom-
 „ nes, ce qui est contraire à la doctrine de Vitruve, qui met des
 „ Piédestaux dans toutes les ordonnances de la Scène de son Théâ-
 „ tre & par tout ailleurs, & à la pratique de Anciens dont il y a
 „ peu d'exemples de Colonnes posées l'une sur l'autre sans Piédestal:
 „ les Architectes modernes s'en servent presque toujours pour
 „ marquer la hauteur des appuis des Arcs ou des Fenêtres qui sont
 „ dans les Entre-Colonnes des Ordres superieurs. „

N'ayant rien trouvé d'assés précis dans les Auteurs pour savoir quel parti prendre dans le choix de tout ce qui a été dit & executé au sujet de la Composition des Ordres, je suis obligé de convenir que cette partie de la Décoration est très-difficile, & demande bien des connoissances qui ne peuvent guère être développées dans un Traité aussi abrégé que celui-ci: c'est pourquoi, tout ce que je puis faire de mieux est d'insinuer quelques Observations generales; laissant à ceux, qui voudront s'appliquer particulièrement à l'Architecte-
 „ ture, de s'instruire plus à fond par la lecture des bons Auteurs, &

l'exa-

l'examen des Edifices les plus aprouvés, qui est à la verité un travail plus grand qu'on ne pense, si j'en juge par ce que m'a coûté le peu d'acquis que j'ai dans ce genre d'étude.

Il ne paroît pas qu'on doive mettre plus de trois Ordres de Colomnes l'un sur l'autre ; car, outre qu'un quatrième se trouveroit avoir ses Colomnes trop écartées pour leur hauteur, il seroit à craindre que quatre étages de Colomnes ne fussent point assés solides : cependant, on pourroit faire le premier étage selon un Ordre rustique pour servir comme de soulbassement au premier des trois autres.

Quand on met plusieurs Ordres de Pilastres les uns sur les autres, on rencontre moins de difficulté pour régler la composition des ordonnances, que lorsqu'il s'agit des Colomnes, puisqu'alors il suffit d'avoir égard à la différence des étages, sans que les saillies contraignent à aucune sujétion gênante.

Les Pilastres étant de même largeur en haut qu'en bas, il semble d'abord que la régularité voudroit que ceux qui sont les uns sur les autres fussent aussi de même largeur. Mais, deux raisons obligent à faire le contraire : la premiere est que les Ordres devant augmenter en délicatesse, les Pilastres doivent aussi augmenter en hauteur par raport à leur largeur. Or, si le module demouroit le même pour les superieurs comme pour les inferieurs, il s'ensuivroit que les Ordres & les étages augmenteroient en hauteur à mesure qu'ils s'éleveroient les uns sur les autres : ce qui ne conviendrait point, surtout aux Façades qui n'ont point une grande élévation, & dont l'œil qui les regarde n'est pas fort éloigné des parties qui composent l'ordonnance.

La seconde est que s'il y avoit des Colomnes avec des Pilastres, comme cela arrive souvent, le diamètre des Pilastres superieurs se trouveroit plus fort que celui du haut de la Colonne inferieure, ce qui causeroit encore un autre défaut contraire à la bonne Architecture.

Suposant donc qu'on veuille mettre plusieurs Ordres de Pilastres les uns sur les autres, je croi que la meilleure maniere est de commencer d'abord par régler la hauteur de chaque Ordonnance selon les maximes de Vitruve ; c'est-à-dire que l'étage superieur soit toujours les trois quarts de celui qui est immédiatement dessous : ensuite on suivra ce qui est enseigné dans le second Chapitre page 14. comme s'il étoit question de Colomnes, & alors le diamètre des Colomnes déterminera la largeur & la hauteur des Pilastres, par conséquent la moitié de cette largeur, ou le demi-diamètre deviendra le module, qu'on n'aura plus qu'à diviser en autant de parties égales que

que le prescrit Vignole pour l'Ordre dont il sera question : ainsi il sera aisé de régler toutes les parties de chaque Ordonnance.

Lorsque les Pilastres servent d'arrière-corps à des Colomnes isolées, il faut prendre garde que ces Pilastres soient assez éloignés des Colomnes, pour empêcher que les Chapiteaux ne se confondent comme au Portail de la Sorbonne.

Quand on veut décorer un Edifice, & qu'on a des raisons pour lui donner un air de solidité, il faut faire le premier étage d'un goût rustique, sur lequel on pourra élever un Ordre de Colomnes ou de Pilastres, (car j'entens ici par premier étage celui du rez-de-Chaussée,) surquoi il est à remarquer qu'on peut faire le second étage plus élevé que le premier, parce qu'alors le premier n'est regardé que comme le soubassement du second : mais, s'il s'agissoit d'un corps de logis qu'on voulût faire plus élevé que les ailes qui doivent l'accompagner, alors il ne faut pas que l'Ordre du rez-de-Chaussée soit plus élevé que celui des ailes ; mais il doit par-tout regner également, & ce sera par le moyen d'un second Ordre qu'on donnera au corps de logis du commandement sur les ailes.

Quand il y a des Appartemens qui tirent du jour sous des Portiques par des Croisées qui ont un appui, alors les Pilastres doivent avoir des Piédestaux de la hauteur même des appuis, ou pour mieux dire les Piédestaux doivent être continués & servir d'appuis aux Croisées ; mais si ces Croisées n'avoient point d'appuis, & qu'elles descendissent jusqu'au niveau du Parquet des Appartemens, alors il vaudroit beaucoup mieux ne point donner de Piédestaux aux Pilastres.

On doit aussi remarquer, que des Colomnes de différentes grandeurs ne doivent jamais se rencontrer à côté l'une de l'autre, ne pouvant faire que des dispositions très-désagréables : de même quand on veut ajouter quelques pièces à un Bâtiment déjà fait, il faut bien se garder de le faire d'un autre Ordre ; au contraire, il faut que la pièce ajoutée paroisse avoir été ordonnée par le même Architecte qui a conduit le reste du Bâtiment, & pour tout dire enfin, il faut que les parties se rapportent au tout autant qu'il est possible. C'est ce qui ne se rencontre pas bien exactement au Palais des Thuilleries du côté du Jardin : la Façade, toute magnifique qu'elle paroisse, est remplie de défauts insupportables, parce qu'elle n'est composée que de pièces ajoutées, dont le tout ne réussit pas des mieux ; au lieu que ce qui avoit été fait anciennement étoit un morceau achevé dans son espèce, avant qu'on l'eût accompagné de ce qui devoit contribuer au dessein général du Louvre.

Pour dire aussi quelque chose de l'Ordre *Attique*, qui est un petit

66. LA SCIENCE DES INGENIEURS,

tit Ordre toujours élevé au-dessus d'un plus grand, parce qu'il sert de dernier étage pour terminer le haut d'une Façade, il est bon qu'on sache qu'on ne lui donne ordinairement pour hauteur que le tiers de l'Ordonnance du dessous lorsqu'il n'y en a qu'une seule ; mais s'ils'en trouve plusieurs, il peut avoir jusqu'à la moitié, & même les deux tiers, de celle sur laquelle il est immédiatement assis.

L'ornement le plus ordinaire des Attiques se fait avec des *Pilastres raccourcis*, que l'on nomme ainsi, parce que ces Pilastres n'ayant pas moins de grosseur qu'en ont par le haut les Colomnes ou Pilastres qui sont à l'Ordonnance de dessous, leur hauteur ne peut être assés grande pour se trouver conforme aux règles, puisque le plus souvent ils n'ont tout au plus que 5 ou 6 fois leur grosseur compris la Base & le Chapiteau. Leur Base se fait comme à l'ordinaire ; mais, les Chapiteaux sont presque toujours quarrés, je veux dire aussi hauts que le Pilastre est large. L'on prend un 7^e. de cette hauteur pour l'Abaque, & le reste est occupé par un Vase renversé d'un seul rang de Feuillage pareil à ceux du Chapiteau Corinthien. A l'égard de l'Entablement, il doit être proportionné à la hauteur de ces sortes de Pilastres ; mais, le plus souvent il n'est composé que d'une Corniche sans Frise ni Architrave.

Il y en a qui mettent un Attique entre-deux étages à l'exemple de Vitruve, qui, dans la Description de sa Basilique, semble placer une maniere d'Attique entre deux Ordonnances de Colomnes. Mais à vrai dire un Attique, qui se trouve ailleurs qu'au haut d'une Façade, me paroît faire un méchant effet.

L'assemblage des Ordres a fait naître une Question qui a fait beaucoup de bruit il y a 40 à 50 ans ; sçavoir dans quel goût on pourroit faire une Ordonnance qui pût être élevée au-dessus de l'Ordre Composite ; c'est-à-dire, inventer un 6^e. Ordre, qui eût au-dessus du 5^e. les mêmes avantages en délicatesse & en grace, que le Composite peut avoir sur les quatre autres. Cet Ordre, qu'on devoit nommer l'*Ordre François*, fut proposé de la part du Roy à tous les sçavans Architectes de l'Europe, avec un Prix considerable pour ceux qui produiroient quelque nouveau dessein qui mériteroit de porter un Nom si glorieux. Aussi-tôt les habiles Gens de toute nation & de tout pays firent tous leurs efforts pour donner des productions de leurs genies ; mais, par une fatalité qui ne paroît presque pas croyable, il est arrivé que d'un million de differens desseins qui ont été proposés il ne s'en est pas trouvé un seul qui ait mérité le moindre applaudissement. Mr. Blondel dit que la plupart n'étoient remplis que d'extravagances, de chimères gothiques, & de fades allusions. J'ai vu aussi

aussi plusieurs morceaux, qui n'avoient rien de recommandable, quoique fort vantés par des gens d'un certain rang, qui avoient apparemment intérêt de les faire valoir. Je conviendrai pourtant, qu'il y a quelques Profils de l'invention de *Sebastien le Clerc*, qui ne doivent point être confondus avec ceux dont je parle: le goût exquis de cet Auteur s'est assez fait admirer des gens les plus délicats, pour avoir un sentiment avantageux de ce qui vient de lui.

Quoique les peines, que l'on a prises pour inventer un nouvel Ordre, n'aient pas fait beaucoup d'honneur au dernier siècle, on auroit pourtant tort d'en demeurer-là: il se rencontre quelquefois des génies heureux, qui produisent sans effort ce que leurs prédécesseurs ont cherché en vain; car ce que la nature refuse dans un tems, elle le donne quelquefois avec usure dans un autre. Nous admirons aujourd'hui les anciens Architectes: il en viendra peut-être par la suite pour lesquels on aura les mêmes sentimens; mais, en attendant, l'on peut, sur un Ordre Composé, placer un Ordre Composé, à l'exemple des Anciens, qui n'ont pas fait difficulté de mettre un Corinthien sur un autre: il ne seroit pas non plus mal-à-propos d'y mettre des Caratides ou des Persiques, parce que ne faisant point d'Ordre particulier, il semble qu'ils peuvent convenir l'un & l'autre à tous les Ordres. Il ne faut pas avoir la délicatesse de ceux qui ne veulent rien souffrir dans l'Architecture dont on n'ait des exemples antiques: car, au sujet de l'Ordre Composé, nous avons autant de droit de changer les pensées des Romains, que ceux-ci en ont eu d'alterer celles des Grecs; mais, on ne le doit faire qu'avec beaucoup de sagesse, sans sortir de certaines règles générales dans lesquelles on remarque que ces mêmes Romains ont toujours renfermé leur invention; car, la plupart des choses qu'ils ont changé ou ajouté ne sont point essentielles à la beauté de l'Architecture, s'étant toujours conformés aux règles légitimes.

Quelques Architectes de nos jours ont été bien plus hardis, ayant entièrement abandonné les anciennes règles, pour ne suivre que celles d'une folle imagination; &, s'ils avoient eû beaucoup d'imitateurs, l'Architecture Gothique, malgré son ridicule, auroit peut-être régné une seconde fois. L'Eglise des Théatins à Paris nous en offre un exemple qu'on ne devoit pas attendre d'un siècle aussi éclairé que le nôtre: car, il semble que celui qui l'a bâti ait voulu épuiser tout ce que l'esprit humain peut inspirer de plus extravagant; non-seulement dans l'Ordonnance, dont le goût est mille fois plus bizarre que ce que l'on n'a jamais vû dans le Gothique, mais même dans la distribution du terrain, qui pèche contre le sens-commun.

Qu'on me permette encore cette Réflexion. Rien n'est plus dangereux dans la société, que ceux qui ne veulent pas se conformer aux maximes généralement reçues : car, comme le mépris qu'ils en font procède toujours de ce qu'ils n'ont pas assez de capacité pour en connoître les avantages, ils cherchent à en établir suivant leur caprice ; & , quoiqu'ils donnent dans le faux, l'esprit de nouveauté fait que bien des gens se rengent de leur parti. Ensuite, il ne faut plus que du tems, pour que les choses les plus monstrueuses soient regardées comme des Loys sacrées : la raison veut en vain y trouver à redire ; on lui impose silence, & ce n'est qu'en tremblant qu'on ose se déclarer pour elle.

CHAPITRE DOUZIEME.

De la Distribution & de la Décoration des Edifices en général.

J'ENTEND par la distribution l'usage qu'on doit faire d'un terrain dans lequel on peut élever un Bâtiment ; cette partie de l'Architecture peut être regardée comme la principale & la plus essentielle, toutes les autres lui étant subordonnées ; en effet, quand on mettroit Colonnes sur Colonnes, que les Profils seroient plus réguliers & plus délicats que ceux des plus beaux Edifices antiques, & qu'on employeroit les plus habiles Sculpteurs à la Décoration, quel succès pourroit-on en attendre, si le terrain est mal distribué, que les principales parties n'aient pas la grandeur, la noblesse, & les dégagemens qui leur conviennent, ou si l'on manquoit dans quelque point essentiel qui répugnât à la qualité du Bâtiment dont il s'agit ?

Il est vrai que cette partie a bien plus d'étendue aujourd'hui qu'elle n'avoit autrefois. Les François ont poussé la distribution à un point qui les met en cela fort au-dessus des autres Nations : nous avons en France, & en Italie, des Palais faits dans les siècles précédens, dont l'exterieur est décoré d'une assez belle Architecture, tandis que la distribution des dedans n'a rien qui y réponde ; on n'y trouve aucune commodité, il semble qu'on ait affecté d'en éloigner le grand jour & d'y faire régner un crépuscule perpétuel, les Cheminées occupent le plus grand espace des Appartemens, les Portes sont petites & donnent une foible idée des lieux où elles conduisent ; mais, quoique depuis un siècle on ait inventé un nou-
vel

quel art de la distribution, il ne faut pas croire que tout ce qu'on bâtit aujourd'hui soit exempt de défauts ; par exemple, on fait dans des Palais de conséquence des Vestibules, des Escaliers, des Salons, des Anti-Chambres, des Chambres de Parade, des Cabinets, & plusieurs autres Pièces de cette nature, d'une grandeur au-dessus de l'ordinaire, & proportionnée à celle de l'Edifice : cela est en place, & il est permis de sortir des proportions communes dans ces occasions ; mais il est ridicule, comme cela est arrivé à plusieurs Architectes, de faire de semblables pièces dans une place d'une médiocre étendue, au lieu d'avoir ménagé le terrain pour un meilleur usage.

Il ne suffit pas d'employer assés bien l'espace que l'on veut occuper, & de trouver à peu-près toutes les commodités nécessaires, il faut encore en faisant la distribution avoir égard à la décoration des dehors, soit par des avants-Corps ou Pavillons proportionnés à la masse de l'Edifice, soit en plaçant les Portes & Croisées, de manière qu'elles fassent une parfaite simetrie, ou en distribuant les Tremeaux en sorte qu'ils soient susceptibles des ornemens qu'on voudra y mettre ; en un mot, s'il n'y a un accord de toute part, il ne faut pas croire qu'on ait l'approbation des personnes de bon goût. On peut dire au contraire, qu'en mariant les dehors avec les compositions des dedans, on fait naître un plaisir secret dans l'ame des Spectateurs, qui, sans pouvoir rendre raison de la satisfaction qu'ils ressentent, ne savent à quoi l'attribuer quoiqu'ils ne voyent dans ce qu'ils admirent que des Croisées, des Pilastres, des Masques, des Consoles, & d'autres pareils ornemens qu'ils ont remarqué cent fois ailleurs sans sentir la même émotion.

Je ne saurois m'empêcher de dire, qu'il est très-difficile pour ne pas dire impossible, d'atteindre à un rapport parfait des parties intérieures d'un Bâtiment avec celles des dehors, lorsqu'un Architecte n'est pas maître absolu de son sujet, & qu'on dérange ses idées le plus souvent pour des bagatelles ; car s'il mollit, & qu'il ait affaire à des personnes entêtées & prévenues d'une prétendue capacité, il ne peut qu'être blâmé dans la suite, puisqu'on le rendra responsable des fautes qu'on lui aura fait faire : les demi-savans sont dangereux dans toute sorte de genre ; mais, ils sont insupportables en fait de Bâtimens, & le fâcheux est que tout le monde veut être Architecte.

Comme ce n'est point ici le lieu d'enseigner à faire une distribution, & qu'on ne le pourroit même qu'en donnant les Plans des plus beaux Hôtels de Paris avec les Remarques nécessaires, je me contenterai de dire, qu'on ne sauroit parvenir à faire un Plan achevé, si en composant celui du rez-de-Chaussée on n'a égard aux superieurs,

à commencer depuis les fôûterrains jufqu'au comble : fans ces précautions , on s'expose à des inconveniens très-facheux , & qui deviennent quelquefois irréparables ; car ce qui rend une diftribution parfaite , c'est l'arrangement naturel de toutes les pièces de l'Edifice , dans lesquelles il faut conferver la noblèffe , la grandeur , & la proportion qui leur eft convenable.

Si nous avons furpaffé les Anciens dans la diftribution , parce qu'ils pouvoient avoir moins de délicateffe , ou que nous jugeons mal de leur magnificence , on peut dire avec juftice que nous ne fommes que leurs copiftes pour la décoration , & que la plus belle Architecture de nos jours n'a de prix qu'autant qu'elle eft conforme à la leur ; mais il eft plus difficile qu'on ne penfe de la bien imiter , puifque quelque habile que l'on foit on ne peut jamais s'affurer du fuccès , ne travaillant pour ainfi dire que par conjecture , n'ayant point de principes démontrés fur lesquels on puiſſe fe déterminer. Si l'on peut fe fonder fur quelques règles certaines , ce ne peut être que fur celle de la Perspective qui pourra faire connoître les vraies proportions qu'on doit fuivre. On doit donc s'appliquer avec tout le ſoin poſſible à l'étude d'une ſcience ſi neceſſaire , & dont l'union eft ſi étroite avec l'Architecture , qu'il eft prefque impoſſible d'atteindre à la perfection de celle-ci fans avoir une connoiffance très diſtincte de l'autre ; car il ſe trouve dans la décoration des grands Edifices tant de parties différentes , dont les unes ſont plus enfoncées que les autres , qu'il faut convenir qu'on ne ſauroit guère juger de leurs effets par une ſimple Elevation Géométralle.

PLANCH.
48.

Les faillies les plus utiles & les plus belles pour décorer les Bâtimens ſont les Corniches , parce qu'elles les couronnent avec grace & conſervent le parement contre les injures de l'air : la hauteur & la faillie des Entablemens dépendent de l'élevation des Edifices & de la diſtance d'où ils doivent être vûs : les moindres Corniches ſont en Chanfrain , & n'ont qu'une moulure couronnée comme un gros Talon , un quart de rond , ou une Doucine avec quelques Filets ou Aſtragales , elles ne s'employent qu'aux Bâtimens ruſtiques qu'on ne veut point décorer ; mais quand on veut les faire plus riches , on peut employer à propos celles de l'Entablement d'un des cinq Ordres , ſelon qu'on juge qu'elles pourront convenir à l'Edifice : ce qui ne ſe fait guère que lorſqu'on employe tout l'Entablement du même Ordre , puifqu'à le bien prendre il vaut mieux compoſer la Corniche exprès , afin d'avoir égard aux circonſtances les plus eſſentielles , ſoit par raport aux différens effets que peuvent cauſer les moulures , ou à la nature de la pierre , qui ne ſe rencontre pas toujours propre

pre pour exprimer des parties délicates : la couleur même peut faire beaucoup ; car si c'est une pierre colorée ou mêlée, il faut des moulures qui aient beaucoup de relief, & qu'on puisse distinguer aisément, sans quoi elles causent plus de confusion que d'ornemens ; au lieu que si la pierre est blanche, il y a moins de sujétion, à cause que la lumière qui s'y réfléchit fait que rien ne se perd dans l'ombre.

Pour qu'une Corniche soit bien profilée, il faut que les moulures aient entr'elles un certain rapport, pour cela on évite que deux ou trois moulures semblables se rencontrent de suite, ainsi que plusieurs d'une même hauteur ; car il doit se trouver un contraste dans leur distribution par l'opposé qui regne entr'elles en les faisant alternativement circulaires & angulaires, ou par la différence de leur grandeur : mais, en général, la saillie d'une Corniche doit être à peu-près égale à sa hauteur.

Quand le Batiment est fort exhaussé, & que son usage le distingue des autres, un Entablement entier lui convient beaucoup mieux qu'une Corniche seule, & la masse en est couronnée avec beaucoup de grace ; la proportion doit s'en déterminer en le faisant comme s'il y avoit un Ordre entier ; cependant, quand on le juge à propos, on peut en diminuer l'Architrave & la Frise, ce qui doit se faire avec beaucoup d'Art : si l'Entablement est tout entier, on doit enrichir la Frise de Consoles, & la Corniche de Modillons ; on peut voir quelques exemples de tout ceci, en considérant les Corniches & Entablemens qui sont rapportés sur la Planche 48^e. desquels on pourra tirer des idées pour s'en servir dans l'occasion.

PLANCH.
48.

Il est bon d'ajouter, qu'on ne doit jamais interrompre le cours d'une Corniche, en la coupant à l'endroit des Lucarnes des Etages en galletas, parce que cela choque le coup d'œil & est contre toutes les règles ; je dirai aussi, que quand on veut déterminer la proportion des moulures, on peut, au lieu de se servir des parties du module, commencer par tracer la plus grande moulure, en sorte qu'elle ait avec toute la hauteur le rapport qui conviendra le mieux, ensuite diviser la hauteur de cette moulure en autant de parties égales qu'on jugera à propos, & s'en servir pour régler les autres parties.

Quant aux ornemens des Fenêtres, les unes sont composées d'un Chambranle simple sans aucune moulure, les autres ont un Chambranle avec des moulures & une Corniche au-dessus : enfin les plus belles sont celles qui ont un Chambranle avec des Consoles & un Fronton sans montant aux côtés des Chambranles.

Les grandes Croisées doivent avoir une Corniche assés saillante pour donner du couvert à ceux qui s'y présentent, & alors on fait
porter

porter cette faillie par deux Consoles aussi-bien que l'appui ou accoudoir qui termine la Croisée par en bas.

Les Consoles de la Corniche doivent être aussi larges en bas qu'en haut, afin qu'elles suivent régulièrement le Chambranle & le montant; la largeur du Chambranle peut être d'une 6^e. partie de la Croisée ou Fenêtre. Au-delà du Chambranle, il y a une platte-Bande qui lui sert d'arrière-corps, elle peut avoir autant de largeur que le Chambranle, ou un peu moins, elle sert particulièrement à placer les Consoles de la Corniche, si la Corniche n'est pas portée par des Consoles. Cet arrière-corps doit être moins large de moitié & sans aucune moulure que celles qui composent la Corniche. Les Consoles qui portent l'appui doivent être placées au-dessous du Chambranle & avoir même largeur, leurs enroulemens auront bonne grace s'ils se portent de dehors par les côtés. La hauteur de ces Consoles peut être de la moitié de l'ouverture de la Fenêtre tout au plus, ou du tiers au moins; on les fait ordinairement plus étroites en bas qu'en haut, cependant j'aimerois mieux qu'elles fussent également larges. Souvent la hauteur du Perron termine le bas de ces Consoles.

La principale Porte d'un Edifice étant la partie la plus remarquable de la Façade, il faut nécessairement qu'elle soit décorée à proportion de la conséquence du Batiment, sa grandeur doit même être assujettie à cette circonstance, par exemple si la Façade retient quelque partie d'un Ordre d'Architecture, il faut pour le Toscan & Dorique que la Porte ait de hauteur un peu moins du double de sa largeur, pour l'Ionique on pourra lui donner positivement le double de la largeur, & pour le Corinthien & le Composite un peu plus; quant à leur Figure, les plus belles sont rondes ou quarrées; c'est-à-dire qu'elles sont terminées par un demi-Cercle, ou par une platte-Bande, il y en a d'autres qui approchent de ces figures, comme celles dont le ceintre est en anse de panier ou surbaissé, ou qui ayant la Figure d'une platte-Bande sont un peu ceintrées. Quand on les fait comme cette dernière, le trait le plus parfait est celui qui se décrit sur la Base d'un Triangle équilatéral dont le sommet est le centre; je ne dis rien de celles qu'on fait à pan; c'est-à-dire terminées par plusieurs faces, parce qu'elles ont mauvaise grace, & ne sont point approuvées.

Si l'on veut avoir un Balcon au-dessus de la Porte, on peut le faire porter par des Colomnes quand le lieu le permet; en ce cas on fait faillir les ornemens d'Architecture: ou bien, si l'on ne fait pas de Colomnes, le Balcon est porté par des Consoles; mais lorsqu'on est obligé

obligé de ménager la Place, on fait des Pilastres ou avant-Corps qui ont peu de faillie, quelquefois même on prend la Porte dans un renfoncement, & alors les ornemens se distribuent selon la nécessité & les circonstances.

A l'égard des Entablemens qui couronnent les Portes, Scamozzy veut qu'ils aient pour l'Ordre Toscan la 4^e. partie de la hauteur du vuide, & la 5^e. partie pour l'Ordre Composé, & qu'on prenne des moyennes proportionnelles entre ces deux Ordres pour l'Ionique, le Dorique, & le Composé; ensuite la hauteur de l'Entablement doit être divisé en 15 parties, dont on en donne 5 à l'Architrave, 4 à la Frise, & 6 à la Corniche, & les moulures se font à proportion: la largeur des piés-droits ou montans des Chambranles & les moulures doivent être pareilles à celles du Linteau, dont le Profil est ordinairement semblable à celui de l'Architrave.

Il faut autant qu'il est possible laisser les venteaux des grandes Portes de toute leur hauteur, à moins qu'on n'en soit empêché par un entre-sole. Si la Porte est ronde, & qu'on y mette un dormant, il doit occuper la partie ceintrée, ensorte que l'imposte continué serve de Linteau; à l'égard de leur compartiment il y faut peu de panneaux, & que ceux d'enbas soient arrasés comme du Parquet, que la richesse des cadres & des moulures soient conformes à la Décoration de l'Architecture; si l'on y pratique des ornemens de Sculpture, il faut qu'ils aient peu de relief, faisant ensorte qu'ils se trouvent dans l'épaisseur du bois sans être adaptés.

Pour dire aussi quelque chose de l'interieur des Edifices, il faut convenir qu'on n'a jamais eu tant de Goût qu'on en remarque aujourd'hui dans les Appartemens de conséquence; la maniere d'orner les Cheminées demanderoit elle seule un grand détail, si l'on vouloit rapporter des exemples pour montrer l'Art de mêler à propos le Marbre, la Sculpture, & le Bronze doré pour accompagner les Glaces qui en font le principal ornement; mais, je renvoye le Lecteur au Livre de Daviler, qui a traité ce sujet à fond, & me contenterai de parler des autres ornemens qui semblent appartenir essentiellement à l'Architecture.

Les Anciens, au rapport de Vitruve, ornoient leurs Plafonds de bois précieux & d'ouvrages de Marqueterie, fort riches par la diversité des bois de couleur, de l'Yvoire, & de nacre de Perle, dont ils composoient des compartimens qui étoient enrichis par des lames de Bronze. Il est constant que les Plafonds conviennent fort aux Salons & aux grandes pièces où la hauteur des Planchers donnent aisés d'éloignement pour les voir d'une distance raisonnable, parce

Livre V.

K

quē

que dans les petites pièces il faut le moins de relief qu'il se peut. Pour faire la division des compartimens, les cadres doivent répondre au vuide des murs, comme Fenêtres & Portes, ce que les Pouîtres régient assés facilement. Dans les grandes pièces il faut de grandes parties, particulièrement une qui marque le milieu & qui soit différente des autres par sa figure; par exemple, elle doit être ronde ou octogone pour les pièces quarrées, & ovale pour les longues: les enfoncemens peuvent être ornés de Roses tombantes, qui ne doivent point excéder l'arrasement des Pouîtres principales; les Corniches ou Entablemens doivent être tellement proportionnés, que leurs Profils ayent la même hauteur que s'il y avoit un Ordre au-dessous, parce qu'alors on est sur que la Corniche ne fera ni trop puissante ni trop foible lorsqu'elle sera élevée à la hauteur de l'Ordre qu'elle doit couronner: à l'égard de la Frise, elle peut recevoir de beaux ornemens, mais il faut qu'ils soient répandus avec choix & avec goût, & qu'ils conviennent au lieu où ils sont employés; mais pour régler d'une maniere generale la proportion que doivent avoir les Entablemens qui portent les Plafonds, s'il n'y a qu'un Architrave ou Imposte, il faut selon Scamozzy qu'elle ait la 16^e. partie de la hauteur depuis le Plancher jusques sous le Plafond; & si le lieu permet d'y mettre une Corniche, soit avec modillons ou sans modillons, il faut qu'elle ait alors la 13^e. partie & demi de cette hauteur. Daviler veut qu'on donne aux Corniches la 12^e. partie de la hauteur de Chambres, ou, ce qui revient au même, un pouce par pied, & cela pour les pièces qui auroient depuis 8 pieds jusqu'à 15 d'exhaussement; & pour celles qui en ont d'avantage & où l'on a coutume de faire des Entablemens, il prétend qu'un 10^e. de la hauteur conviendrait mieux.

Pour les ornemens des Portes des Appartemens, il faut en diviser la hauteur en 15 parties, dont on en donnera 5 à l'Architrave ou Linteau, 4 à la Frise, & 6 à la Corniche, le Chambranle ne doit jamais avoir plus de 2 faces avec ses moulures; on peut aussi mettre des Consoles avec de la Sculpture pour porter les Corniches & ces Consoles portent sur de petits montans au côté des Chambranles.

Je ne m'étend pas beaucoup sur la Décoration interieure des Edifices, parce qu'il est bien difficile d'y appliquer des règles auxquelles le caprice veuille se soumettre: car, sur ce sujet, les Architectes ont tous les jours des idées nouvelles; & s'il s'en trouve qui ont fait des choses dignes d'admiration, il faut avouer qu'il y en a aussi un grand nombre d'autres qui en ont imaginées qui ne sont point

point supportables: & pour faire voir que je n'en parle qu'après les plus habiles gens, voici ce que dit Mr. *Courtonne*, Architecte du Roy, à la fin de son *Traité de Perspective*.

„ Pour dire à présent quelque chose des parties intérieures des
 „ Palais & des Hôtels les plus considérables, on a fait de si grands
 „ changemens à leurs décorations depuis une trentaine d'années,
 „ qu'on ne s'y reconnoît plus aujourd'hui, & l'on auroit le dernier
 „ mépris pour un Architecte qui n'ajouteroit pas quelque nouveauté
 „ singulière à toutes celles qu'on a introduites depuis ce même tems,
 „ contre l'usage, & peut-être même contre la raison & le bon-sens.
 „ Je sçai bien qu'on s'y est tellement accoutumé, qu'il seroit dan-
 „ gereux d'aller contre le torrent, & de se roidir contre des modes
 „ que trente années de prescription semblent avoir assez autorisées:
 „ aussi mon intention n'est pas de les censurer; mais, on me per-
 „ mettra de dire en passant, que l'inconstance de notre Nation avoit
 „ assez de matiere à s'exercer sur les choses de peu de durée, comme
 „ sont toutes celles qui ont du mouvement: les Meubles, les Car-
 „ rosses, les Habillemens, sont de cette nature; au nombre des-
 „ quelles on ne doit pas mettre les Edifices, & tout ce qui en fait
 „ partie; dont la durée doit aller jusqu'à nos derniers neveux.

„ Il est vrai que des ornemens de Sculpture bien traités relient
 „ infiniment les beautés de l'Architecture, & sur-tout dans les parties
 „ intérieures des Bâtimens dont il s'agit en cet endroit; mais com-
 „ me ils ne sont à proprement parler qu'accessaires, & qu'on doit
 „ toujours regarder la proportion de tous les membres d'Architec-
 „ ture comme le principal objet, il ne faut s'en servir qu'avec beau-
 „ coup de ménagement, si l'on veut que l'œil soit satisfait & qu'il
 „ en goûte pleinement toutes les beautés: mais, lorsqu'on jette des
 „ ornemens sur toutes les parties sans choix & sans nécessité, il n'y a
 „ plus que de la confusion, l'œil ne fait plus où se reposer, l'Ar-
 „ chitecture est cachée sous ces voiles, & rien ne nous frappe, parce
 „ que rien ne nous émeut assez pour le sentir,

„ Comme ces Réflexions nous meneroient trop loin, s'il falloit ci-
 „ ter des exemples qui déplairoient sans doute aux personnes inte-
 „ ressées, je me contenterai de dire que ce n'est pas encore assez de
 „ retrancher la confusion des ornemens de Sculpture, si l'on n'en fait
 „ pas faire le choix qui dépend ordinairement de la qualité des em-
 „ ploys & même des inclinations particulières des Seigneurs qui
 „ font bâtir. On pourra donc choisir parmi tous les différens Tro-
 „ phées ou Attributs de Guerre, de Marine, de Chasse, de Mu-
 „ sique, de Science, & tant d'autres que je pourrois nommer, ceux

„ qui conviendront le mieux au sujet que l'on aura à traiter ; & c'est
 „ à quoi l'on doit s'étudier le plus, quand on veut avoir l'approba-
 „ tion des connoisseurs.

„ Mais comme ces dedans sont aujourd'hui d'une très grande
 „ importance par la grande dépense que la mode a rendu comme
 „ nécessaire, il faut que l'Architecte épuise tous les secrets de son
 „ art à la distribution & l'arrangement de toutes leurs parties, qui
 „ consistent dans une belle proportion, dans un choix délicat des
 „ plus beaux Profils, & dans une grande variété.

„ J'entens par la proportion la hauteur qu'il faut donner aux
 „ Corniches sous les Plafonds, la distribution des Pilastres, Pan-
 „ neaux, Cadres, & autres parties des Lambris de Menuiserie dont
 „ l'arrangement dépend de la grandeur des pièces, de leur hauteur,
 „ & des sujétions causées par les Portes, Croisées, ou Cheminées.

„ Les Profils, qui se font dans ces pièces, sont bien differens de
 „ ceux que l'on fait au dehors : ils doivent être fort délicats, avoir
 „ peu de saillie, aussi-bien que les ornemens de Sculpture qui s'y
 „ font ; & l'Architecte doit en faire lui-même les Profils, & ne s'en
 „ rapporter jamais aux Ouvriers.

„ A l'égard de la variété, elle doit regner dans toutes les pièces
 „ d'un Appartement, c'est-à-dire que les desseins en doivent être
 „ differens aussi-bien que les Profils & les ornemens ; avec cette
 „ remarque, que les premières pièces se font pour l'ordinaire moins
 „ riches que celles qui suivent.

„ Enfin, si l'on veut donner toute la perfection à son ouvrage, il ne
 „ faut pas se contenter de donner aux Ouvriers un dessin bien lavé
 „ & crotté pour chaque pièce, on doit le faire crayonner en grand
 „ sur le lieu même où doit être posé le Lambris, & y faire dessiner
 „ le plus exactement quel'on pourra tous les ornemens qu'on vou-
 „ dray mettre, afin de pouvoir corriger, augmenter, ou diminuer
 „ les parties qui paroîtront trop fortes ou trop foibles ; car on juge
 „ bien autrement de ces sortes d'ouvrages quand on les voit dans leur
 „ grandeur naturelle, qu'on ne fait sur un dessin réduit en petit, ce
 „ que l'expérience apprendra beaucoup mieux que le discours.

„ On peut voir déjà par le peu de remarques que nous avons faites
 „ jusqu'ici, que les connoissances nécessaires à un bon Architecte
 „ ont plus détendue qu'on ne s'imagine, & qu'il ne suffit pas d'avoir
 „ exercé la fonction de dessinateur pendant quelques années pour
 „ en mériter le titre, comme cela n'est que trop ordinaire ; car bien
 „ loin d'avoir acquis la plus grande partie des Sciences qui sont ab-
 „ solument nécessaires, on prend cette qualité sans avoir même la
 „ pra-

„ pratique , ni cette expérience consommée dans les Bâtimens , &
 „ qui ne s'apprend point dans le Cabinet , mais par des Travaux
 „ pénibles & non interrompus. Il ne faut plus donc s'étonner, si l'Ar-
 „ chitecture a perdu beaucoup de son premier éclat depuis un cer-
 „ tain nombre d'années ; & l'on doit même appréhender que ce mal
 „ n'augmente, si l'on n'exige point d'autres dispositions de ceux qui
 „ se prévalent de cette qualité.

Comme ce Discours de Mr Courtonne renferme plusieurs choses instructives, je n'y ai rien voulu changer : j'ai supprimé seulement un article où il m'a paru qu'il marquoit un peu trop d'aigreur contre quelques personnes de sa profession, qu'il ne nomme pas à la vérité , mais dont l'application est à craindre ; au reste, je reviens à l'explication de quelques sujets qui doivent finir ce Chapitre.

L'on fait toujours un *Peron* aux grands Bâtimens, comme à l'entrée d'une Eglise, d'un Palais, ou de tout autre Edifice considérable : un Peron, comme l'on fait, est élevé par plusieurs marches ou degrés, dont le Pallier pour bien faire doit s'étendre sur toute la largeur du Portail, les marches selon Vitruve doivent être en nombre impair de 5 à 6 pouces de hauteur au plus, sur 10 à 12 pouces de giron ; c'est-à-dire qu'il faut leur donner pour largeur environ le double de leur hauteur, afin de rendre la montée plus douce & plus facile.

Quand un Peron est élevé de 13 à 15 marches, il est à propos d'en interrompre la suite par un ou deux repos, afin de n'avoir pas tant de degrés à monter de suite, & que la vue ne se trouve blessée en descendant une si grande hauteur sans appui ; mais il faut sur-tout prendre garde que le Peron soit toujours pratiqué dans la hauteur du socle ou soubassement de l'Edifice, observant que quoique le soubassement tienne lieu ici de Piédestal continué, il ne doit avoir ni Base ni Corniche.

Pour faire aussi mention des Balustres & Balustrades qui se pratiquent si utilement dans les Edifices, soit pour la commodité ou seulement pour la décoration (comme quand on en fait au-dessus de la Corniche des Entablemens pour égaier une Façade & la terminer avec grace) l'on saura que les Balustrades ne sont autre chose qu'une suite de Balustres composée d'une ou de plusieurs travées terminées par des Piédestaux de même hauteur, le tout portant une tablette en maniere d'appui. Ces travées doivent finir par des demi-Pilastres joints aux Piédestaux : les Balustres se font de plusieurs figures ; mais les ronds, & les quarrés, sont préférables à tous les autres.

Au lieu de Balustres, on fait quelquefois des entre-lacs, qui n'ont

pas moins d'agrément : on les rend plus ou moins délicats , suivant les lieux où ils doivent être placés ; par exemple, ceux qui sont élevés au-dessus d'un Bâtiment, qu'on ne pourra voir que de loin, doivent être plus massifs que ceux qui sont faits pour être vûs de près.

Les Trophées composent encore dans l'Architecture un ornement fort noble, leur figure est un tronc d'Arbre chargé & environné d'Armes de toute sorte d'espece, leur origine vient des Grecs qui dressoient sur le Champ de Bataille un tronc chargé des dépouilles des Ennemis pour marquer leur Victoire. Ces monumens étoient consacrés à Mars, & l'on n'y pouvoit toucher sans sacrilege, si on en juge par ce que rapporte Vitruve dans le huitième Chapitre de son second Livre, où il dit que la Reine Artemise, ayant pris la Ville de Rhodes, dressa un Trophée dans le milieu de la Place avec deux Statues de Bronze, dont l'une étoit élevée à sa gloire, & l'autre marquoit la Ville de Rhodes sous des signes de servitude ; & que les Rhodiens dans la suite n'osant y toucher le renfermerent d'une enceinte, parce que, ajoute-il, il n'étoit pas permis d'ôter les Trophées consacrés aux Dieux.

Les Trophées peuvent se faire dans toute sorte de goût, selon le genre de l'Edifice où on veut les appliquer : par exemple, on en fait de Livres, de Spheres, de Globes, & d'Instrumens de Mathématique, pour représenter les Arts & les Sciences, d'autres avec des Instrumens de Musique, d'autres qui conviennent à l'Agriculture, d'autres enfin pour la Marine, les Manufactures, & les Magasins publics ou Arsenaux.

A l'égard des Trophées d'Armes, qui sont les plus ordinaires & les plus considérables, il semble que lorsqu'il s'agit de quelque Edifice Militaire, il convient beaucoup mieux de se servir des Armes qui sont en usage aujourd'hui, que d'employer celles dont se servoient les Anciens : nos Canons, nos Mousquets, nos Mortiers, nos Bombes, nos Drapeaux, nos Picques, nos Tambours, nos Timbales, nos Trompettes, &c. ne sont point moins nobles ni moins beaux à la vûe, quand ils sont disposés ensemble avec Art, que les Boucliers, les Carquois, les Flèches, les Balistes, les Catapultes, les Belliers, & les autres Armes des Anciens. Au reste, tout ce qui s'appelle ornement doit dépendre du Jugement de l'Architecte ; c'est en cela qu'on connoitra son goût & sa capacité, non-seulement dans l'invention des Sujets, mais dans la juste application qu'il en saura faire.

Lorsque l'on veut décorer une Place publique qui doit contribuer à la beauté d'une Ville, on ne sauroit donner trop d'apparence
aux

aux Bâtimens qui l'environnent. Or, pour que la magnificence & l'utilité se trouvent de concert, il est à propos de pratiquer 2 étages dans la hauteur de l'Ordonnance; & , si on élève le tout sur un Ordre rustique, l'Ordonnance en aura une augmentation de beauté: c'est ce que l'on a fait avec beaucoup de succès aux Places de Vendôme & de Victoire, à Paris.

On pourra élever une Balustrade au-dessus de l'Entablement, pour terminer agréablement la Façade, & cacher en partie le comble qui ne fait jamais un bon effet quand il est question d'une belle Architecture: mais à propos des Balustrades, j'ai oublié de dire ci-devant que le Socle sur lequel on posoit les Balustres devoit avoir une hauteur égale à la saillie entière de l'Entablement, & même quelque chose de plus; & qu'il falloit donner aux Balustres 2 pieds de hauteur comme on l'a pratiqué aux plus beaux Bâtimens de Paris: j'ajouterai encore, qu'il faut observer de ne point faire leurs travées si longues qu'on soit obligé d'employer plusieurs pièces pour la Tablette, ce qui est contraire à la bonne grace & à la solidité; car rien n'est si sec que de voir 15 ou 20 Balustres de suite sans Pilastrs & sans aucune liaison, ainsi je croi que 9 ou 10 au plus par travées doivent suffire.

L'on met quelquefois dans le milieu des Places Publiques des Piramides, qui sont des Monumens servant à transmettre à la postérité la Memoire des grands Princes: on les orne ordinairement d'un Trophée d'Armes, de Figures, de Bas-Reliefs, qui représentent leurs actions mémorables, leurs victoires, leur vertu, leur puissance, & les Ennemis qu'ils ont vaincus.

Une Piramide doit être d'une hauteur qui l'élève au-dessus de tous les Bâtimens des environs; enforte même qu'elle soit vûë de la Campagne, & qu'elle fasse un riche ornement pour la Ville ou elle sera érigée. Il faut prendre garde aussi qu'une Piramide doit être seule, autrement elle perdrait sa véritable signification, qui est de représenter la gloire du Prince qui regne ou qui a regné.

Je ne finirois jamais, si je voulois parler de tout ce qui peut appartenir à la Décoration des Edifices: ce sujet est si abondant, que plus on l'examine, & plus l'on trouve matiere à de nouvelles reflexions. L'inclination, dont je me sens animé pour l'instruction des Lecteurs, fait que je voudrois ne leur rien laisser à désirer, & leur donner au moins une connoissance generale de tout ce qui peut s'offrir aux yeux; cependant, je suis souvent contraint de retenir ma plume, crainte qu'on ne la trouve point assez intéressante, & qu'on ne se plaigne que je m'arrête à des choses qui paroissent trop éloignées
de

de mon sujet: il ne faut pourtant pas croire que c'est la passion d'écrire qui me guide; je me suis prescrit des bornes, & elles paroîtront peut être trop étroites, quand on entrera bien dans mes sentimens, car voici comme j'ai raisonné en composant ce 5^e. Livre.

L'ouvrage que je veux donner au Public a pour objet l'Instruction des jeunes Ingenieurs, & de tous ceux qui ont la conduite des Travaux pour le Roy ou pour les Particuliers: les uns & les autres parlent sans cesse Bâtimens; & je sai par experience qu'on n'en peut raisonner juste, sans en avoir fait une longue & pénible étude: peu de gens ont assés de loisir & assés de courage pour lire 25 ou 30 gros Volumes, qu'on ne peut avoir qu'en faisant des dépenses considérables dont on n'est pas toujours à portée, & que ce seroit leur abreger beaucoup de chemin de leur donner en peu de mots tout ce qui pourroit contribuer à les mettre en état, non-seulement de travailler par eux-mêmes, mais de porter un jugement solide de tous les Edifices qui méritent quelqu'attention, soit que leur profession les'y engage, où seulement pour satisfaire leur curiosité, principalement sur un sujet qui étant purement de goût, tout le monde se croit en droit de blâmer ou d'applaudir. Je me suis donc chargé de toute la peine que pouvoit donner le soin de débrouïller & de mettre en Ordre les Pensées & les Principes de tant d'Auteurs differens, dans l'esperance qu'on seroit satisfait du motif qui me guide.

Fin du cinquième Livre.





LA SCIENCE DES INGENIEURS

DANS LA CONDUITE DES TRAVAUX DE FORTIFICATION.

LIVRE SIXIEME.

Qui comprend la Maniere de faire les Devis pour la construction des Fortifications, & celle des Bâtimens civils.



OMME l'on ne peut bien faire les Devis, sans avoir une connoissance parfaite des ouvrages que l'on veut exécuter, il m'a paru qu'il convenoit de ne traiter cette matiere qu'après avoir enseigné tout ce que l'on a vû dans les quatre premiers Livres : car pour bien dresser un Devis, il faut non-seulement sçavoir faire un bon choix des matériaux, afin de spécifier les conditions de ceux que l'on voudra employer, & la maniere de les mettre en œuvre ; mais il faut encore régler les dimensions des ouvrages, afin qu'on puisse voir toutes les particularités du projet jusques dans

Livre VI.

A

les

2 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

les moindres parties. C'est dans un Devis qu'un Ingénieur habile peut donner des marques de sa capacité, & c'est en effet l'endroit par lequel on peut en juger sûrement; car s'il a du goût & de bons principes d'Architecture militaire & civile, il le fera voir par les dimensions qui seront prescrites dans son Devis; s'il a l'esprit net & juste, on y appercevra un Ordre & un Arrangement qui rendront intéressans les sujets les plus ingrats; enfin s'il est capable de faire exécuter les travaux les plus difficiles, on en sera convaincu par les détails bien circonstanciés de tout ce qui doit entrer dans leur construction: la pénétration ira même jusqu'à prévoir les accidens qui pourroient survenir, & rien ne lui échappera. On peut donc dire qu'un Devis doit être regardé comme le chef-d'œuvre de l'Ingénieur, & que c'est de-là que dépend absolument l'exécution bonne ou mauvaise du dessein que l'on a en vûe. Combien de fois n'est-il pas arrivé, que de grands ouvrages ont échoué faute d'avoir été précédés d'un bon Devis? Et que ne pourroit-on pas alléguer pour en prouver la conséquence?

Dans l'usage ordinaire ce sont Messieurs les Directeurs de Fortifications qui font les Devis, & le plus souvent les Ingénieurs en chef; mais comme il n'y a point d'Ingénieurs qui ne puissent se trouver dans le cas de projeter par eux-mêmes, on peut regarder ce sixième Livre comme celui qu'il importe le plus de bien sçavoir, puisque, comme je l'ai déjà dit, les autres qui précédent n'en sont que l'Introduction.

Le Devis est un Mémoire instructif de toutes les parties d'un ouvrage qu'on veut construire; il explique l'Ordre & la Conduite du travail, les qualités & façons des matériaux, & généralement tout ce qui a rapport à la construction & à la perfection de l'ouvrage.

Ses qualités principales sont que toutes les matieres soient mises dans un bel Ordre, énoncées clairement & bien détaillées, sans confusion, n'omettant rien d'essentiel, & de ne laisser aucun équivoque qui puisse donner lieu dans la suite à des contestations avec les Entrepreneurs; il doit être relatif au plan & profil du projet: quand il est revêtu de toutes ces conditions, il sert de guide à l'Entrepreneur, aux ouvriers, & à l'Ingénieur même, parce qu'alors il assujettit les uns & les autres à travailler de concert & conformément à l'intention du Directeur, ou de celui qui a fait le projet.

Il n'y a point de sorte d'ouvrage qui ne demande son Devis particulier; mais comme il faudroit un détail infini pour en circonstancier chaque espece, je me contenterai d'en donner une idée générale qui suffira pour en faire l'application à toute sorte de travaux.

vaux, & à ceux même dont je ne ferai point mention; pour cela nous supposerons, comme nous l'avons fait jusqu'ici, qu'il s'agit de bâtir une Place neuve dont tous les desseins sont cottés & réglés définitivement, & qu'il n'est plus question que d'en faire le Devis pour ensuite procéder à l'adjudication: en remplissant ce dessein je remettrai sous les yeux du Lecteur toutes les différentes espèces d'ouvrages dont j'ai fait mention jusqu'ici; mais, avant cela il est à propos que je m'arrête un moment pour faire voir la disposition générale d'un Devis tel que celui dont nous parlons.

Il faut commencer d'abord par faire mention de la situation de la Place & de son tracé, des principales pieces de fortifications qui doivent composer son enceinte, comme du corps de la Place, des ouvrages détachés & des chemins couverts, on doit dire un mot en passant des mesures qu'il faudra prendre pour établir le Rez-de-chaussée général, & pour former la distribution des rues, de-là on passe aux dimensions de chaque espece d'ouvrage, commençant par le corps de la Place, & continuant par les autres ouvrages détachés, & cela à mesure qu'il s'éloigne du centre; on fait mention des épaisseurs que doivent avoir les murs au sommet & sur la base, de leurs taluds, retraites & empatemens, de la hauteur & épaisseur des contreforts, de la largeur & profondeur des fossés, de la disposition des chemins couverts & glacis, des voûtes, portes, souterrains & latrines, le tout en général seulement; & c'est ce qui doit faire la premiere partie du Devis.

On entre ensuite dans le détail de la qualité des matériaux, comme des mortiers, ciment, sable, chaux, pierre de taille, moëlon, pierres de parement, carreaux & boutisses, joints, hauteur des assises, libages, fichages des pierres, fer, bois, pilotis, placage & gazonage, ce qui forme la seconde partie; & on continue en reprenant chaque ouvrage l'un après l'autre suivant l'Ordre de sa construction particulière, détaillant toutes les précautions, assujettissemens, formes & règles du travail dans toutes leurs circonstances, observant toujours de commencer par le corps de la Place, comme il vient d'être dit, & d'en épuiser la matiere avant que de passer aux autres ouvrages, qu'on doit ensuite traiter tour-à-tour avec la même méthode.

Enfin le Devis se termine par la construction des Ponts, Buës, Magasins, Arsenaux, Hôpitaux, Pavillons, & Corps de Cazernes, quoique cependant il soit d'usage de faire un Devis particulier pour ces derniers; en tout cas, on doit garder le même ordre pour ces sortes de bâtimens, que pour la Place même, c'est-à-dire, désigner

4 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

d'abord leurs dimensions principales, parler ensuite de la qualité des matériaux, & suivre après en détail l'Ordre de leur construction, commençant par les gros ouvrages, & finissant par les légers, après quoi l'on met les conditions qui regardent les Entrepreneurs.

Voilà ce qu'on peut dire en général sur l'Ordre & l'Arrangement des parties d'un Devis. Quant aux autres qualités qu'il demande pour être bien fait, elles se réduisent, comme je l'ai déjà dit, à la netteté & à la précision, c'est-à-dire, à distinguer chaque chose clairement, à ne rien oublier d'essentiel, de même qu'à ne rien mettre d'inutile; à ne point faire des répétitions qu'autant qu'elles sont absolument nécessaires pour un plus parfait éclaircissement, à ne laisser aucun équivoque ou doute qui puisse donner matière aux Entrepreneurs de contester, & à spécifier toujours autant qu'il est possible, la qualité & la force de chaque nature d'ouvrage, afin que l'Entrepreneur soit obligé de s'y assujettir, & que non seulement on soit en droit de lui faire exécuter son marché dans toutes ses circonstances, mais encore qu'il ne puisse trouver aucun faux-fuyant pour se disculper des frais que le plus ou moins de propreté dans l'ouvrage, ou le plus ou moins de force dans chaque chose, pourroit occasionner.

Il ne faut pas non plus dans un Devis multiplier les titres mal à propos, ce défaut le rend ordinairement obscur, & lui ôte cet air de netteté qu'il doit avoir. Il vaut beaucoup mieux renfermer sous un seul titre toutes les matières qui peuvent y avoir rapport, & les apostiller à la marge chacune en particulier, afin qu'on les puisse trouver du premier coup d'œil, quand l'occasion le demande.

J'ai tâché de me conformer dans le modèle suivant aux règles que je viens de prescrire, & la lecture sera plus instructive qu'un plus ample discours. On y trouvera la plupart des dimensions & des conditions qui ont été observées au Neuf-Brisac, que j'ai choisi exprès préféablement à toute autre Place, à cause de l'estime que l'on fait de la beauté de ses ouvrages. C'est effectivement le sujet le plus parfait qui puisse être traité; cependant, je ne m'assujettirai point au Devis primitif qui en a été fait, quoique je le prendrois sans balancer pour unique modèle, si cet abrégé me permettoit d'entrer dans tout son détail.

J'ai ajouté à la fin de ce Devis deux planches qui serviront à développer la Fortification du Neuf-Brisac; les Tours bastionnées, qui sont représentées sur la seconde, ne sont point tout-à-fait conformes à celles qui ont été exécutées, parce que je les ai tirées d'un
nouveau

nouveau projet que M. le Maréchal de Vauban a fait quelque années avant sa mort, pour rectifier celui du Neuf-Brifac ; mais comme la différence est très peu de chose, j'ai crû qu'au lieu d'y trouver à redire, on me sçauroit bon gré d'avoir rapporté celles-ci préféablement aux autres qui sont connues de tout le monde ; d'ailleurs il est bon que l'on sçache que ces deux planches, que j'ai fait graver il y a plusieurs années, ne devoient point se trouver dans ce Volume-ci, leur véritable place étant dans celui où je parle de l'art de fortifier les Places, & de la maniere de faire les projets de Fortification, que je mettrai au jour dans la suite ; c'est pourquoi elles contiennent des lettres & des chiffres desquels je ne fais point mention presentement, parce qu'ils ont rapport à un discours qui n'est pas du sujet que je traite ici ; mais sans s'en mettre en peine, il suffira en lisant ce Devis de jeter de tems en tems les yeux sur les desseins, afin d'avoir une parfaite intelligence de l'objet de chaque article, & on ne trouvera pas moins ces deux planches avec leur Dissertation dans le Volume dont je viens de parler.

MODELE D'UN DEVIS POUR UNE PLACE neuve, telle que le Neuf-Brifac.

Devis des Ouvrages de Maçonnerie, Terre & Gazonnages, Charpente, Couverture, Menuiserie & autres que le Roy a ordonné être faits pour la Construction d'une nouvelle Place. On marque ici son nom & sa situation.

I.

SITUATION DE LA PLACE.

LA Place sera située dans la plaine de.... ou sur la riviere de.... & sera tracée suivant les mesures de son plan en octogone régulier, formant huit polygones égaux ; sur chaque angle desquels sera construite une Tour bastionnée suivant les dimensions qui seront spécifiées ci-après.

*Figure de
situation de
la Place.*

Les dehors de la Place consisteront en huit bastions détachés, ou contregardes tracés sur la capitale de ces Tours, huit tenailles devant les courtines, huit réduits, huit demi-lunes devant ces réduits, & un ouvrage à corne devant tel.... front ; le tout enveloppé d'un chemin couvert.

*Dehors de
la Place.*

A 3

Après

6 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

Rez-de-chaussée.

Après que la Place aura été tracée, on fera courir le niveau tout au tour, & sur ses différentes élévations on prendra un milieu pour établir le Rez-de-chaussée, ce qui se fera en abaissant les parties les plus élevées, & en relevant celles qui se trouveront trop basses. Ce même niveau réglera ceux de dedans & du dehors de la Place.

Distribution des rues & pentes pour l'écoulement des eaux.

On fera en même tems la distribution des rues qui doivent séparer les Places à bâtir, & on en marquera la destination par de grands piquets auxquels seront attachés des écriteaux de fer-blanc qui serviront d'indices; & pour avoir les pentes nécessaires à l'écoulement des eaux, on relevera le centre de la Place de quatre pieds, & on chiffrera des piquets fixes qui régleront l'alignement des rues, & indiqueront les rehaussemens ou rabaissemens qu'il y aura à faire à chaque partie.

I I.

DIMENSIONS DES PARTIES PRINCIPALES de la Place.

CORPS DE LA PLACE.

POLIGONE ET COURTINE.

Poligone.

Chaque Poligone extérieur aura 180 toises de longueur d'un angle à l'autre.

Courtines.

Les Courtines auront 124 toises 4 pieds $\frac{1}{2}$ chacune entre les Tours, & seront coupées en deux endroits par des flancs de 4 toises 4 pieds, formées par le prolongement de ceux des contregardes.

Revêtement des Courtines.

Leur revêtement aura dix pieds deux pouces d'épaisseur au dessus des fondemens, y compris le chanfrain des trois assises de pierre de taille, & sera élevé de trente pieds depuis le dessus des fondemens jusqu'à la hauteur du dessus du cordon, où l'épaisseur sera réduite à cinq.

Retraites & fondemens.

Au niveau du fond du fossé fera faite une retraite de trois pouces de saillie au dehors du nud dudit revêtement, & un peu audessous une autre pareille retraite, de sorte que les fondemens auront dix pieds huit pouces d'épaisseur par le bas, sur trois pieds de profondeur. On observera les même retraites, empatemens tant des Tours bastionnées que des contregardes, tenailles, demi-lunes, réduits & autres pièces, ainsi il n'en sera plus parlé dans la suite.

Les

LIV. VI. DE LA MANIÈRE DE FAIRE LES DEVIS. 7

Les Contreforts seront construits aussi bas que le revêtement, & élevés à même hauteur, on les espacera à quinze pieds de distance les uns des autres de milieu en milieu, & ils auront huit pieds de long, cinq de large à la racine, & trois à la queue.

Contreforts.

Pour suppléer aux affaissemens des terres, les Remparts seront élevés de trois pieds plus de la hauteur des revêtemens, & la surface de leur terre-plain sera dressée sur trente pieds de largeur en pente d'un pied & demi à prendre depuis la banquette jusqu'au talud intérieur des mêmes remparts, qui aura les deux tiers de sa hauteur; ces Remparts seront ornés de deux rangs d'arbres qui formeront une allée sur le terre-plain, & d'un troisième qui sera planté au pied du talud du rempart.

Remparts.

La Banquette aura quatre pieds & demi de large sur un pied & demi de haut, taluant de trois pieds.

Banquette.

Les Parapets auront dix-huit pieds d'épaisseur au sommet, & seront élevés pardevant de quatre pieds au-dessus du cordon, & de quatre pieds & demi au-dessus de la Banquette, formant une pente de deux pieds & demi du derrière au devant. Le talud du gazonnage intérieur sera du quart de sa hauteur.

TOURS BASTIONNÉES.

Chaque Tour sera composée de deux faces, deux flancs, & une gorge de Maçonnerie; chaque face aura deux toises cinq pieds huit pouces de long, mesurés au cordon; chaque flanc six toises; chaque demi-gorge sept, & la capitale neuf toises deux pieds six pouces.

Tours bastionnées.

Son revêtement sera élevé de vingt-huit pieds depuis le dessus des fondemens où il y aura treize pieds un pouce d'épaisseur, jusqu'au cordon où l'épaisseur se réduira à huit pieds, & sera surmonté d'un Parapet de maçonnerie de briques aussi de huit pieds d'épaisseur & de six de hauteur, dans lequel seront observées, aussi bien qu'à l'étage inférieur, toutes les embrasures, évents, & Guérites marqués dans les Plans & Profils.

Revêtement & parapet.

On élèvera le long des faces deux Banquettes de maçonnerie, faisant ensemble trois pieds de largeur sur trois de hauteur.

Banquette.

Le mur des gorges n'aura que six pieds d'épaisseur au-dessus des fondemens, & sera érigé à plomb jusqu'à la hauteur du sommet du Parapet des Tours.

Gorges.

Au centre de chacune de ces Tours sera fait un noyau de maçonnerie fondé aussi-bas que le revêtement, pour recevoir & soutenir

Noyau de voûte.

8 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

tenir les voûtes qui regneront le long des flancs & gorges; ces voûtes auront dix-huit pieds de longueur de vuide, & seront construites à plein-cointre. Au milieu du noyau sera pratiqué un Magasin à poudre voûté aussi à plein-cointre de quinze pieds de largeur dans œuvre & de vingt pieds de longueur.

Poterne.

Il sera fait aux deux côtés de chaque Tour une poterne voûtée pour communiquer aux contregardes, dont les allées déboucheront dans le fossé à côté des flancs, & auront six pieds de largeur chacune jusqu'à la jonction du gros mur de la courtine, où le passage de la porte sera masqué de maçonnerie pour n'être ouverte que dans le besoin, & réduit à quatre pieds & demi. Le mur qui soutiendra les terres du côté du Rempart, aura cinq pieds d'épaisseur au-dessus des fondemens, où sera faite une retraite de trois pouces de chaque côté, & cinq pieds & demi de hauteur jusqu'à la naissance des voûtes.

*Passage &
l'entrée des
Tours.*

Le passage de l'entrée inférieure des Tours sera aussi voûté sur douze pieds de largeur à l'endroit du rempart, & formé par deux murs qui auront chacun cinq pieds & demi d'épaisseur au-dessus de leurs fondemens, avec trois pouces de retraite de chaque côté, & quatre pieds de hauteur au-dessus du rez-de-chaussée de l'intérieur des Tours. Ces murs seront soutenus du côté des terres par des contreforts de six pieds de longueur, quatre & demi de largeur à la racine, & trois à la queue.

*Porte de
l'entrée des
Tours &
escalier.*

A l'entrée de ces passages, & sur l'alignement du retour du rempart, sera faite une porte de pierre de taille avec les fermetures de huit pieds de longueur, & neuf & demi de hauteur sous clef, dont les pieds droits seront prolongez en dehors jusqu'au pied du talud du rempart, formant deux aîles en rampe suivant le même talud, qui auront trois pieds d'épaisseur chacune aux extrémités avec des ébrasemens de part & d'autre; & à chaque côté de cette entrée sera fait un escalier de pierre de taille, dont les marches auront quatre pieds & demi de longueur sur six pouces de hauteur, contregardé par un petit mur d'appui de deux pieds d'épaisseur.

GRANDES PORTES ET CORPS DE GARDE DES ENTRÉES PRINCIPALES.

*Portes
d'Architec-
ture.*

Sur le milieu des quatre courtines qui répondront aux entrées principales de la Place, sera fait quatre grandes Portes d'Architecture. La hauteur du frontispice de chaque porte sera de huit toises.

toises depuis le dessus des fondemens jusqu'au dessus de la corniche de l'entablement, & sa largeur de huit toises trois pieds au dessus du soubassement, sur onze pieds d'épaisseur par le bas, & sept par le haut, non compris la saillie des pilastres. Le fronton aura douze pieds d'élevation dans son milieu. Chaque porte aura neuf pieds neuf pouces de largeur entre les pieds droits, treize pieds de hauteur entre le seuil & la clef, & sera décorée conformément au dessein.

Le passage des entrées aura douze pieds de largeur dans œuvre entre les dosserets, non compris la refuite des côtés. Il sera voûté au dessus de l'imposte, & formé par des murs de cinq pieds de hauteur jusqu'audit imposte, & cinq pieds & demi d'épaisseur au dessus de leur fondement, faisant retraite de trois pouces de part & d'autre. Ces murs seront soutenus de chaque côté par deux contreforts qui auront chacun six pieds de longueur, cinq de largeur à la racine, & trois à la queue. Ce passage sera garni de toutes ses fermetures, ponts-levis, orgues, & bascules conformément au dessein, & sera précédé d'un peristile ou vestibule de trente huit pieds de largeur dans un sens, & vingt-un & demi dans l'autre, qui sera voûté à même hauteur que le passage de la porte, & soutenu par des dosserets & piliers de pierre de taille de trois pieds sur trois & demi d'épaisseur, cimetrisant avec la Décoration des pieds droits du passage.

Passage

Vestibule

La partie de ce peristile, qui regarde le dedans de la Place, sera revêtue de pierre de taille dedans & dehors sur toute sa hauteur, & aura cinq pieds d'épaisseur au dessus des fondemens; elle fera retraite de deux pouces à deux pieds au dessus de ces fondemens, puis élevée de seize pieds depuis le dessus de cette retraite jusqu'au dessus du plinthe, formant trois arcades dont celle du milieu aura dix pieds d'ouverture, & les deux joignantes huit pieds seulement; toutes trois de quatorze pieds de hauteur.

A droite & à gauche du même peristile seront faits deux Corps de garde & une Prison, dont les murs de face & de retour auront quatre pieds & demi d'épaisseur au-dessus de toutes les retraites; ces pieces seront éclairées par quatre croisées de quatre pieds de largeur & huit de hauteur chacune, disposée & décorée avec simetrie, deux de chaque côté du vestibule, & auront ensemble dix toises un pied de longueur de face du côté de la Place.

Corps de garde.

Le logement au-dessus sera conforme en tout à la distribution figurée dans le dessein; & sa façade, qui sera percée de neuf croisées, & réduites à deux pieds d'épaisseur, sera élevée de dix-sept

Logement au-dessus de chambre aux orgues.

10 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

pieds depuis le dessus du plinthe jusqu'au dessus de l'entablement; le tout décoré suivant les élévations du même dessein, & surmonté d'un fronton, de quatre lucarnes, & d'un comble de seize pieds de hauteur. La chambre aux orgues, la cage de bascule, & les escaliers à droite & à gauche des portes pour monter sur le rempart, seront aussi construits suivant leur plans & profils particuliers. Ces escaliers seront de pierre de taille, ils auront quatre pieds & demi de largeur dans œuvre, & un mur d'appui rampant de deux pieds & demi d'épaisseur.

POTERNES DE SORTIE.

*Poternes
de sortie.*

Dans le milieu de chaque courtine où il n'y aura point de grande porte, sera faite une poterne pour communiquer aux tenailles; l'on y descendra par un escalier de pierre de taille hors œuvre, voûté sur six pieds de largeur, & surmonté à l'aplomb du talud supérieur du rempart, d'un mur de brique d'un pied & demi d'épaisseur, & de quatre de hauteur au dessus du terre-plain.

Passage.

Son passage sera enfoncé de cinq pieds au dessus du sol de la Place, & aura douze pieds de largeur. Ses portes, ainsi que celles des poternes des Tours bastionnées, auront quatre pieds & demi de largeur, & seront garnies de leurs fermetures d'une force convenable, observant de les masquer toutes ensuite du côté du fossé d'une bonne maçonnerie de quatre pieds à quatre pieds & demi d'épaisseur, & de pratiquer un petit évent dans ce masque.

Les pieds droits de ce passage auront six pieds de hauteur & cinq d'épaisseur au-dessus de leurs fondemens, faisant retraite de trois pouces de chaque côté, & seront soutenus par des contreforts de trois pieds de large à la racine, deux à la queue, & quatre & demi de long.

Aqueduc.

Et pour faciliter l'écoulement des eaux de la Place, sera construit au dessous de ces Poternes un petit Aqueduc voûté de deux pieds de largeur dans œuvre, sur trois de hauteur, dont les pieds droits auront chacun deux pieds & demi d'épaisseur. On en fera de pareils à chaque côté des quatre grandes portes.

SOUTERRAINS.

Souterrains.

Il sera fait des souterrains sous les brisures de chaque courtine, qui feront l'office de flanc bas, à l'exception de deux seulement, qui seront conduits en pente douce, & perceront du dedans de la
Pla-

LIV. VI. DE LA MANIERE DE FAIRE LES DEVIS. 11

Place jusqu'au fond du fossé, pour y abreuver les chevaux en tems de Siège. Ces souterrains seront pavés proprement, & fermés par des portes sûres à chaque extrémité, puis murées solidement pour n'être ouvertes que dans les besoins pressans; ils auront dix-huit pieds de largeur dans œuvre, leurs pieds droits sept pieds & demi jusqu'à la naissance des voûtes, & quatre pieds & demi d'épaisseur, leurs contreforts six pieds de longueur, quatre de largeur à la racine, & trois à la queue.

Pour descendre dans les premiers de ces souterrains, on pratiquera intérieurement à leur entrée un escalier de pierre de taille de sept pieds de largeur, fondé sur un bon massif avec des murs d'appui d'un pied & demi d'épaisseur. Les pieds droits de cette entrée seront prolongés par dehors jusqu'au pied du talud du rempart, & ébrasés de six pieds de chaque côté. Ils auront cinq pieds d'épaisseur au dessus des fondemens, & seront réduits à trois à leur sommet. On observera de pratiquer dans un des pieds droits de ces souterrains, & contiguëment à l'entrée, un petit magasin à poudre de huit sur douze pieds de largeur dans œuvre, & d'élever sur cette entrée un petit mur d'un pied & demi d'épaisseur qui surmonte de trois à quatre pieds le terre-plein du rempart. On observera de même toutes les cheminées, évens, & embrasures qui sont marqués dans le plan.

Escalier

BASTIONS DETACHE'S, OU CONTREGARDES.

Les faces des contregardes auront soixante toises de longueur chacune, & les flancs vingt-deux. Ces faces & ces flancs seront élevés à demi-revêtement depuis le dessus de leurs fondemens, & auront dix-huit pieds de hauteur à l'angle du flanc & de la gorge, dix-huit & demi à celui de l'épaule, & vingt à l'angle flanqué, taluant d'un sur six; ce revêtement aura sept pieds huit pouces d'épaisseur au dessus des fondemens, & à trois pieds près du sommet dudit revêtement; la maçonnerie sera arrangée & réduite par son talud à cinq pieds d'épaisseur. Les trois autres pieds d'élévation seront continués suivant le talud du parement extérieur sur trois pieds d'épaisseur par le bas, revenant à deux pieds & demi au sommet.

Faces & flancs des contregardes.

Excusé à Brisac.

Sur-tout on aura soin d'élever sur chaque angle flanqué un petit mur en forme de fort de quarante-deux pieds de longueur, & de quatre & demi de hauteur, dont le couronnement se raccordera à celui des faces par une rechûte en talud de douze pieds,

12 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

Gorges.

Le revêtement des gorges aura deux pieds & demi d'épaisseur au sommet, & seize de hauteur à prendre depuis le dessus des fondemens, il taluera aussi d'un sur six, & suivra le profil des parapets, banquettes, & remparts.

Contreforts.

Les contreforts des flancs & des faces auront les mêmes dimensions que ceux des courtines, & seront espacés du même intervalle. On les élèvera à trois pieds près du sommet des revêtemens. Ceux des gorges n'auront que quatre pieds de longueur, trois d'épaisseur à la racine, & deux à la queue, & seront d'un pied plus bas que le sommet des gorges.

Berme & parapet.

Au niveau de la brique-de-cant qui terminera le revêtement des flancs & des faces, sera faite une berme de dix pieds de largeur, sur laquelle on plantera une haye vive, après quoi on continuera l'élévation des remparts & des parapets de ces pieces, en parement de gazon ou avec placage seulement, en taluant des deux tiers de la hauteur. L'intérieur de ces parapets aussi bien que les banquettes seront en tout semblables à ce qui a été dit pour ceux du corps de la Place, & leur extérieur surmontera de quatre pieds le niveau du terre-plein du rempart.

Remparts.

Ces remparts auront trente pieds de largeur depuis le bord de leur talud intérieur jusqu'au pied de la banquette, à l'endroit de laquelle ils seront élevés de dix pieds au dessus de la berme des ouvrages avec pente d'un pied & demi du côté de la Place, observant de les élever d'un pied plus à l'angle de l'épaule, qu'à celui du flanc & de la gorge, & de trois pieds à l'angle flanqué plus qu'à celui de l'épaule. Dans cette hauteur de dix pieds sont compris les trois pieds qu'on donnera pour suppléer aux affaïsemens des terres, & ces mêmes dix pieds joints aux quatre pieds du parapet donneront en tout quatorze pieds de hauteur par devant de gazonnage ou placage. L'on observera aussi les rempes nécessaires pour la montée du canon, & elles auront onze toises de longueur sur neuf pieds de largeur.

Communication.

Il sera fait un souterrain sous le rempart de chaque flanc, pour communiquer aux tenailles; son passage sera conduit en pente depuis l'intérieur des contregardes jusqu'au niveau de la rempe, qui sera prise dans ces mêmes tenailles huit pieds au dessus des fondemens, il aura six pieds de largeur, & ses pieds droits auront trois pieds d'épaisseur, & cinq de hauteur jusqu'à la naissance des voûtes. L'entrée de ces souterrains sera formée par un mur élevé à l'aplomb du talud supérieur du rempart par un profil de dix-huit pieds de longueur. Ces deux murs seront érigés perpendiculairement, & auront chacun trois pieds d'épaisseur.

TE-

TENAILLES.

Chaque tenaille fera composée de deux faces qui auront vingt-huit toises de longueur chacune, & sera revêtuë devant & derriere. Elle sera coupée dans son angle rentrant par un passage pris sous son parapet, & voûté de six pieds de largeur qui servira de communication aux demi-lunes par le milieu du fossé. *Tenailles;*

Le revêtement des faces aura cinq pieds huit pouces d'épaisseur au dessus des fondemens, & sera élevé de neuf pieds taluant d'un sur six par devant, à laquelle hauteur il sera réduit à quatre pieds d'épais, puis sera continué suivant le même talud jusqu'à trois pieds plus haut sur trois d'épaisseur seulement, réduit à deux & demi au sommet, observant que ce sommet ne soit pas plus élevé que la surface du chemin couvert. *Revêtement.*

A cette hauteur sera faite une berme semblable à celle des contregardes, mais d'un pied six pouces de largeur seulement, & sans haye vive; sur laquelle on élèvera le parapet de la tenaille en gazonnage ou placage, & ce parapet aura huit pieds de hauteur par dehors, & sept & demi par dedans, avec une banquette de deux pieds de haut, du pied de laquelle le terre-plein de la tenaille ira gagner le sommet de la gorge. *Berme & parapet.*

Les gorges n'auront que quatre pieds dix pouces d'épaisseur par le bas, & deux pieds & demi par le haut, elles seront élevées de quatorze pieds au dessus des fondemens. *Exécuté à Brisac.*

Les contreforts des faces auront cinq pieds de long, quatre de largeur à la racine, & trois à la queue, & ne seront élevés que de neuf pieds, ceux des gorges auront quatre pieds de longueur, trois de largeur à la racine, deux à la queue, & seront de deux pieds plus bas que le sommet des gorges, ils seront tous espacés à quinze pieds de distance les uns des autres de milieu en milieu. *Gorges.*

Pour communiquer au pont qui forme le passage de la contregarde à la tenaille, il faudra pratiquer à l'extrémité de ce pont une rempe de six à sept pieds de largeur dont les côtés seront revêtus, & former deux autres rempes joignant l'angle des gorges de douze à quinze pieds de largeur, sur trois toises cinq pieds de longueur, pour descendre dans le fossé. *Contreforts.*

DEMI-LUNES.

Les faces des demi-lunes auront quarante huit toises de longueur chacune, & les flancs sept. *Demi-lunes.*

B 3

Leur

14 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

Revêtement des demi-lunes, gorges & contreforts.

Leur revêtement sera de sept pieds quatre pouces d'épaisseur au-dessus des fondemens, de cinq à la hauteur de treize pieds, & de deux pieds six pouces au sommet, faisant en tout seize pieds d'élévation avec talud d'un sur six. Les gorges auront quinze pieds de hauteur, & tous les contreforts de ces pieces seront entièrement conformes à ce qui a été dit pour ceux des contregardes.

Bermes.

Il sera fait, au niveau du sommet du revêtement de ces faces & flancs, une berme de dix pieds de largeur garnie d'une haye vive, sur laquelle seront élevés les remparts & parapets avec parement extérieur de gazonnage taluant d'un tiers, ou avec placage seulement taluant des deux tiers, sur quinze pieds de hauteur à l'endroit des angles flanqués, & quatorze pieds aux angles d'épaule, y compris les trois pieds donnés pour l'affaîssement des terres.

Parapets & banquettes.

Les parapets & banquettes auront d'ailleurs les mêmes dimensions qu'aux contregardes.

Rempart.

Le terre-plein du rempart aura vingt pieds de largeur depuis le pied de la banquette jusqu'au bord du talud intérieur, & sera dressé en pente d'un pied & demi du devant au derrière. On y observera toutes les rempes & escaliers qui sont figurés dans le plan.

Portes d'Architecture.

A chacune des quatre demi-lunes qui couvriront les courtines des entrées principales de la Place, sera faite une porte d'Architecture de neuf pieds neuf pouces de largeur, & treize de hauteur sous clef, avec les ornemens conformes aux desseins qui en ont été réglés.

Passage des entrées.

Sera fait ensuite le revêtement du passage des entrées de ces demi-lunes, sur toute la largeur de leur rempart & parapet, & les murs de ces revêtemens seront élevés à plomb des deux côtés jusqu'à la hauteur des parties qu'ils profileront sur quatre pieds & demi d'épaisseur au dessus des fondemens, avec retraite de trois pouces de chaque côté. Les contreforts auront cinq pieds de long, quatre de large à la racine, trois à la queue, & seront espacés comme ceux dont il a été parlé ci-dessus. Les passages seront accompagnés de leurs ponts-levis, bascules, & descentes, suivant les mesures de leurs plans & profils particuliers.

REDUITS DANS LES DEMI-LUNES.

Reduits. Exécuté à Brisac.

Les faces des réduits auront dix-huit toises de longueur, les flancs trois toises, & les retours des demi gorges six, le tout bien revêtu. Le revêtement des faces & flancs aura vingt-trois pieds de hauteur depuis le dessus des fondemens jusqu'au dessus du cordon, où l'épais-

paisseur sera réduite à cinq pieds, taluant par dehors d'un sur six, de sorte qu'il aura neuf pieds d'épaisseur au-dessus desdits fondemens, y compris les deux pouces de la saillie du soubassement.

Les contreforts derrière ce revêtement seront élevés à même hauteur que le dessus du cordon, & auront sept pieds de longueur chacun, quatre pieds de largeur à la racine, & trois à la queue.

Contreforts,

Au dessus du cordon sera élevé le revêtement du parapet en maçonnerie de brique sur quatre pieds de hauteur & trois d'épaisseur, & le revêtement sera remblayé de douze pieds de terre qui formeront un parapet de quinze pieds d'épaisseur au sommet, avec plongée de deux pieds & demi du dedans au dehors.

Parapet,

Les banquettes de ces pieces seront semblables à celles des demi-lunes; les remparts auront quinze pieds de largeur avec pente d'un pied & demi du côté de la Place, & dix pieds de talud intérieur; les gorges seront revêtues comme celles des demi-lunes, & auront les mêmes dimensions.

Banquettes, remparts & gorges.

Quatre de ces réduits seront percés d'un passage de six pieds de largeur, revêtu & voûté pour servir de communication aux demi-lunes. Le revêtement de ce passage sera élevé à plomb, & aura quatre pieds & demi d'épaisseur au-dessus de ses fondemens, sur autant de hauteur, où la maçonnerie sera mise de niveau pour commencer la naissance des voûtes qui seront construites à plein cintre. Les entrées & sorties du passage auront quatre pieds & demi de largeur entre les pieds droits qui auront chacun double feuillure, ainsi que tous ceux des autres poternes, pour y poser des portes de quatre pouces d'épaisseur. On observera dans ces réduits, comme aux demi-lunes, les rempes & escaliers nécessaires pour établir les communications, & on y pratiquera de plus une descente au fossé de trois pieds de largeur dans œuvre, sur vingt de longueur, joignant le mur de la gorge qui sera percé d'un passage de trois pieds de largeur pour communiquer au fossé; le mur, qui soutiendra les marches du côté des terres, aura aussi trois pieds d'épaisseur, & le dessus de cette descente sera recouvert par une trape garnie de ferrures & ferrures nécessaires, pour empêcher qu'on n'y entre qu'en cas de besoin. On formera aussi quatre grands passages pour les voitures, semblables à ceux des demi-lunes, aux quatre réduits qui se trouveront sur les entrées principales, & sur chacun desdits passages sera érigée une porte d'architecture conforme à son dessein particulier, de même qu'un petit corps de garde.

Communication,

O u-

O U V R A G E A C O R N E.

*Ouvrage à
corne.*

Les branches de l'ouvrage à corne auront cent vingt toises de longueur chacune, son polygone cent cinquante, ses faces quarante, ses flancs quinze, & la courtine soixante-neuf.

Tous les revêtemens de cet ouvrage, aussi-bien que les remparts, banquettes, & parapet, seront conformes en toutes choses à ceux des demi-lunes, avec cette seule différence que la tête des branches fera plus élevée de quatre pieds que leurs extrémités, dont la hauteur ne surpassera pas celle du chemin couvert, observant encore de ne terrasser les revêtemens que jusqu'à dix-huit toises près dudit chemin couvert, & de diminuer la largeur du rempart depuis le canal de l'Hôpital qui y sera renfermé, jusqu'à cette distance, de manière que le tout se réduise dans le cours des dix-huit toises ci-dessus marquées aux banquettes pures & simples.

Barbottes.

On observera au surplus de faire des batteries à barbette sur les pointes des bastions & demi-lunes de l'ouvrage à corne, qui seront retournées de sept à huit toises de part & d'autre des angles flanqués.

*Revête-
ment du
passage du
canal.*

Vis-à-vis le rempart sera fait le revêtement en parement de pierre de taille du canal qui traverse les deux longs côtés, & cela sur sept pieds & demi d'épaisseur, non compris six pouces pour les retraites des fondemens. On fera aussi des arcades de pierre de taille aux entrées & sorties dudit canal, & on y pratiquera les coulisses nécessaires pour leurs fermetures: Le reste de ce passage, qui sera compris entre les arcades & le talud des banquettes, sera voûté de briques sur trois pieds d'épaisseur, & recouvert d'une chape de ciment. *

* Comme
il est dit
dans le 3e.
Livre.

F O S S E Z.

*Largeur
des Fosses.*

Les fosses du pourtour de la Place auront les largeurs suivantes, mesurées à l'aplomb du cordon, ou du trait principal des ouvrages & du sommet de la contrescarpe. Sçavoir aux angles flanqués des Tours bastionnées, sept toises; vis-à-vis le milieu des courtines, seize toises trois pieds; entre les contregardes & les tenailles, cinq toises; vis-à-vis le milieu des faces des contregardes, quinze à seize selon le besoin qu'on aura de terre; vis-à-vis les faces des réduits, six toises; vis-à-vis celles des demi-lunes, dix; vis-à-vis les branches & demi-bastions de l'ouvrage à corne, dix; vis-à-vis la demi-lune de cet ouvrage à corne, sept.

Tous

Tous ces fossez en general seront approfondis de quatorze à quinze pieds au-dessus du rez-de-chaussée de la Place, & revêtus d'un mur de pareille hauteur taluant de son fixième par dehors, & réduits à trois pieds d'épaisseur au sommet.

*Profondeur
& revêtement
des
fossez.*

Il sera fait en même tems des contreforts derriere le mur à quinze pieds de distance les uns des autres de milieu en milieu, dont la longueur sera de quatre pieds, la largeur de quatre & demi à la racine, & de trois à la queue, & la hauteur un pied plus bas que le sommet de revêtement.

Contreforts.

En faisant la distribution de ces contreforts, on aura soin d'en placer deux à l'endroit de toutes les traverses du chemin couvert, afin que les profils des traverses qui seront aussi revêtus, en soient mieux soutenus & plus solidement établis. Ces contreforts doivent avoir un pied de largeur & six pouces d'épaisseur en tous sens plus que les précédens.

Quant à l'excavation des grands fossez de la Place, il faut avoir attention de donner près de vingt pieds de profondeur vis-à-vis les angles flanqués des contregardes, & de remonter insensiblement vers le milieu des tenailles & courtines. On observera encore d'approfondir le petit fossé qui sera entre le derriere des tenailles & les petits flancs des courtines, de trois ou quatre pieds plus que celui de la Place, afin qu'il puisse y avoir de l'eau en tout tems. Pareille attention sera faite le long des flancs des contregardes, & le revêtement de ces parties qui sera fondé plus bas que les autres à proportion.

CHEMIN COUVERT.

Tous les chemins couverts seront tracés parallelement aux fossez de la Place sur cinq toises de largeur, à compter depuis le pied de la banquette jusqu'au bord de ces mêmes fossez, & seront dressés en pente d'un pied & demi du côté des ouvrages : on y observera tous les petits retours, redens, & traverses qui sont figurés sur le plan.

*Chemin
couvert.*

Les Places d'armes auront dix toises & demie de gorge, & treize de face.

Places d'armes.

Les traverses dix-huit pieds d'épaisseur mesurés au sommet, & les banquettes cinq pieds de largeur, un pied & demi de hauteur, & trois pieds de talud.

Traverses.

Le parapet sera élevé de quatre pieds & demi au dessus de la banquette, & revêtu de deux pieds & demi d'épaisseur avec talud d'un

Parapet.

18 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

fixième par devant jusqu'à un pied $\frac{1}{2}$ près du sommet, qui sera ensuite achevé en gazonnage, & bordé ainsi que les traverses d'un rang de palissades plantées & conditionnées, comme il est dit en son lieu.

*Passage de
sortie.*

Le Parapet sera coupé en plusieurs endroits le long des branches du chemin couvert, & dans les faces des Places d'armes, par des passages de sortie de dix à douze pieds d'ouverture, dont la rempe se prendra dans le glacis, & s'étendra à deux ou trois toises. Ces passages, de même que ceux qui aboutissent aux entrées principales de la Place, seront revêtus de maçonnerie, & fermés par des barrières de force suffisante à deux vantaux; on posera aussi des barrières à un seul ventail au passage de chaque traverse.

GLACIS.

Glacis.

Le glacis sera bien dressé & parfaitement soumis à la découverte des contregardes & demi-lunes, desquelles il sera défendu; il sera étendu de vingt-cinq ou trente toises au moins, & sa pente sera réglée suivant le sommet du parapet du chemin couvert, fichant, à un pied au-dessous du sommet des parapets, des demi-lunes & contregardes.

PONTS.

*Ponts-dor-
mans.*

Il se fera des ponts de charpente de quinze pieds dans œuvre, sur les travers tant du grand fossé, que de ceux des réduits, demi-lunes & tenailles des quatre entrées principales de la Place, dont les fermes seront espacées à douze pieds les unes des autres de milieu en milieu, & posées sur une pile de maçonnerie de pierre de taille d'un pied & demi de largeur, & d'un pied de hauteur au dessus du fond du fossé.

Il sera fait aussi de petits ponts de communication des Tours bastionnées aux contregardes, & des contregardes aux tenailles, qui auront chacun cinq pieds de largeur dans œuvre, & seront construits avec les mêmes précautions que les précédens.

Tous les ponts-levis des entrées principales joignant les courtines & demi-lunes seront à bascules, & les autres à fleches; on posera de grandes barrières à doubles vantaux, tant aux tenailles qu'à la tête des ponts-dormans, & à l'entrée du chemin couvert; de sorte qu'il y aura quatre ponts-levis à chaque entrée principale, sçavoir un à la grande porte du corps de la Place, un autre à la tenaille, un au réduit, & un à la demi-lune; & trois barrières, sçavoir une
à la

LIV. VI. DE LA MANIERE DE FAIRE LES DEVIS. 19

à la tête du grand pont, une à la tête de celui de la demi-lune, & la troisième au chemin couvert; le tout construit & exécuté suivant les desseins qui en ont été réglés. On fera aussi les petits ponts-levis nécessaires aux ponts de communication des contre-gardes aux tenailles.

PUITS ET PAVÉ DE LA PLACE.

Il sera fait quatre Puits sur la grande Place, de cinq pieds de diamètre chacun, & sur toute l'étendue de la Place sera fait un Pavé de cailloux avec toutes les pentes & ruisseaux nécessaires.

BATIMENS PRINCIPAUX.

Il sera construit dans l'enceinte de ces ouvrages, sçavoir au pied du rempart de chaque front, un corps de Cazernes avec un pavillon pour les Officiers à chacune de ses extrémités, une Eglise; une Maison de Ville, un Arsenal & une Munition, des Magazins & Hangards tant pour les vivres que pour l'artillerie, un Logement pour le Gouverneur, un pour le Lieutenant de Roi & Major, un pour les Aides Majors & Capitaines des Portes, un pour l'Intendant & le Commissaire, & un pour les Ingenieurs. Tous ces bâtimens, aussi-bien que les Corps de gardes & latrines, seront construits chacun selon leurs desseins & devis particuliers. Al'égard de l'Hôpital, il convient qu'il soit placé dans l'intérieur de l'ouvrage à corne.

III.

QUALITE'S ET FAÇONS DES MATERIAUX qui seront employés aux susdits Ouvrages.

CHAUX, SABLE, MORTIER, ET CIMENT.

LA chaux, qui sera employée à la construction de la maçonnerie, sera prise à.... & autres lieux où elle se trouvera de même qualité. On observera, 1^o. qu'elle soit bien cuite, sans biscuit, non éventée; 2^o. qu'elle soit éteinte un jour ou deux au moins avant que de l'employer; & on aura soin d'en faire ôter tous les biscuits & durillons qui pourront s'y rencontrer.

Le sable sera de deux espèces, l'un gros, & l'autre fin, tous deux tirés de la rivière de.... du fossé de la Place, ou de ses environs: le gros sera employé à faire le mortier de la maçonnerie de moë-

Chaux.

sable.

20 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

lon, & le fin à faire celui de la maçonnerie de brique, des paremens, & des pierres de taille; on aura soin qu'il soit sec, criant à la main, bien lavé, & non gras ni terreux.

Mortier.

Le mortier fera composé d'un tiers de chaux mesurée vive, & de deux tiers de sable, mêlé, broyé, & incorporé avec la chaux tant & si long-tems, que les especes soient totalement confonduës l'une dans l'autre, jusqu'à n'y plus reconnoître de difference. On n'y emploiera que l'eau simplement nécessaire à leur mélange, & cela une seule fois, & non plus.

Si on n'employe la chaux qu'après avoir été éteinte, comme il est d'usage en plusieurs endroits, il faudra en augmenter la dose à proportion de sa qualité, ce qui va quelquefois à la moitié.

Ciment.

Le ciment sera fait de vieux tuileaux bien cuits & réduits en farine par la meule, puis passés au tamis du Boulanger, ou au bluteau. Il sera composé des deux tiers de cette farine, & d'un tiers de chaux mesurée vive; le tout bien battu & corroyé ensemble, & démêlé pendant un long espace de tems & à plusieurs reprises, dans un petit bassin de planches, quarré, fait exprès; observant de n'y mettre de l'eau qu'une seule fois, & de l'employer, autant que faire se pourra, tout chaud & frais battu, de même que de ne le doser que par rapport à la force de la chaux, & à la qualité du ciment.

PIERRE DE TAILLE, MOELON, ET BRIQUE.

*Pierres de
taille.*

Toute la pierre de taille, tant des angles faillans des ouvrages, que des soubassemens, cordons, & autres parties où il en sera besoin, sera tirée des carrieres de.... ou autres lieux qui en pourront fournir de pareille qualité, c'est-à-dire, qui soit pleine, dure, non sujette à la lune ni à la gelée; observant de n'employer que celle qui sera bien ébousinée, sans fil, ni moye, qui la traverse ou qui paroisse, à six pouces près des paremens.

*Pierres de
paremens.*

Les carreaux, qui formeront ces paremens, seront taillés avec cizelure relevée aux arêtes, piqués proprement à la petite pointe dans leurs faces, aussi-bien que dressés à la règle, & démaigris pour le mortier, de même que leurs lits & joints; ils seront posés à petits joints, & bonne liaison, par assise réglée de neuf à dix pouces de hauteur au moins, sur douze à quinze pouces de lit. On aura soin dans l'emploi de ces carreaux, qu'ils soient toujours mêlés d'un tiers de boutisses de vingt à vingt-cinq pouces de queue, qu'ils ayent au moins six pouces de joint quarré, & le tout bien lié avec le reste de la maçonnerie.

Les

Les pierres des soubassemens, qui seront posées au dessus des fondemens, seront aussi taillées proprement dans leurs faces, lits & joints, & auront douze, quinze, à dix-huit pouces de lit, & huit à dix de joint à l'équerre. Seront de plus mêlées d'un tiers de boutisses qui auront au moins deux pieds de queue, le tout posé en bonne liaison, à petits joints & en bain de mortier.

Pierres de soubassemens.

Tous les angles faillans, tant du corps de la Place que des contregardes, tenailles, demi-lunes, ouvrages à cornes, & reduits, seront armés de pierres de taille de graifferie, taillées en petit bossage d'un pouce & demi de relief, & posées par assises réglées d'un pied de hauteur, ayant les joints d'équerre sur dix-huit pouces de long, deux pieds de lit, & trois de queue, le tout mêlé d'un tiers de boutisses, retourné & posé alternativement, de manière qu'il se trouve de chaque côté des harpies d'un pied élevées à l'aplomb par les bouts les unes sur les autres, & que les assises les plus courtes reviennent sous le cordon à quatre pieds de longueur de part & d'autre des angles.

Pierres des angles.

Les cordons feront aussi de pierres de taille de graifferie d'un pied de hauteur, taillées en demi rond, & posées en faillie de la moitié de leur diametre, ayant les joints d'équerre sur seize à dix-huit pouces de long, & deux pieds de lit, non compris la faillie, le tout mêlé d'un tiers de boutisses qui auront trois pieds de queue.

Tous les autres moëlons, dont on se servira pour remplir & garnir le corps de la maçonnerie brute, seront tirés ou de l'excavation du fossé, ou des carrières de observant de choisir les plus gros libages pour en former les fondemens, & de réserver les moindres pour le revêtement au dessus, comme aussi d'arraser de niveau toute la maçonnerie à chaque levée que l'on fera de dix-huit pouces, & de la traverser, s'il est jugé nécessaire pour plus grande solidité, par des chaînes de brique sur toute l'épaisseur des murs, ce qui formera un renouvellement d'affiette.

Les cailloux de la riviere de.... ou de la plaine de.... & ceux qui se trouveront dans les excavations, pourront aussi être employés dans la garniture du corps de la maçonnerie, en les posant par assises réglées, mais en cas de besoin seulement, & au défaut de moëlon, encore faudra-t'il que la quantité de ces cailloux n'excede pas le tiers du solide de la maçonnerie, & que chaque levée de dix-huit pouces de hauteur soit aussi recouverte d'une chaîne de brique.

Toutes ces pierres en general feront proprement affifes & bien
callées aux paremens, posées, coulées, fichées, & jointoyées les
unes

22 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

unes en mortier de ciment, les autres en mortier de chaux & sable, suivant que les qualités de l'ouvrage l'exigeront. Les libages & moëlon de remplissage seront posés dans le massif des revêtemens à bain de mortier, avec de bonnes liaisons de quatre à cinq pouces au moins les unes contre les autres, & d'autant des unes sur les autres.

Briques.

A l'égard des revêtemens qui se feront en parement de brique, on n'y emploiera que les neuves & les mieux cuites, & de la meilleure qualité, dont les plus belles seront choisies pour former le parement, & posées par assises liaisonnées sur cinq rangs de hauteur, élevées par diminution d'une demie brique à chaque rang, c'est-à-dire, depuis trois briques & demie au premier rang, jusqu'à une & demie au cinquième; observant de bien froter ces briques, & de les dresser l'une contre l'autre avant que de les employer; & qu'il y ait toujours moitié de boutisses en paremens. Si l'on emploie des cailloux dans le corps de la maçonnerie faite de moëlon, on fera, comme il vient d'être dit, à chaque levée de dix-huit pouces, une chaîne ou recouvrement de deux briques de hauteur, qui garnira toute la surface du revêtement & des contreforts, & traversera toute leur épaisseur. Le premier rang qu'on posera ensuite en parement au dessus de ladite chaîne, recommencera par trois briques & demie d'épaisseur, finissant toujours par une demie.

PLACAGE, ET GAZONNAGE.

Placage.

Le placage sera fait de terre noire de jardin ou de labour, non pierreuse: il aura six pouces d'épaisseur, & non taluant de huit pouces par pied.

Gazon.

Le gazon sera coupé de biais en prez bien herbus & racineux, ou vieilles pâtures un peu humides, & non tourbeuses, ni sabloneuses. On posera de trois lits en trois lits une couche de fascines, & chacun de ces lits sera bien garni de terre sur toute sa hauteur, & bien battu à la dame, pour être lié parfaitement avec les terres du rempart.

BOIS.

Bois.

La charpente des ponts dormans, ponts-levis, & barrière, de même que celle des madriers des fondemens de toutes les principales parties des Bâtimens, sera de bois de chêne bien sain, coupé en bonne saison, & bien équarri à vive arête sans aubier, non piqué, ni

ni échauffé, roulé, vermineux, ni trop nouveau, non plus que sur le retour, mais de bon âge, de droit fil, & de bon emploi.

IV.

CONSTRUCTION DES OUVRAGES.

COURTINES.

Après que les alignemens auront été donnés & rectifiés par l'In-
genieur, qui aura la principale conduite des ouvrages, ils
seront montrés aux Entrepreneurs qui feront faire aussi-tôt les
déblais des revêtemens de toute l'enceinte de la Place, sur quinze
à seize pieds de profondeur au dessous du niveau des chemins cou-
verts, & comprendront en même tems la moitié de la largeur des
fossés, reservant l'autre pour être remblayée derriere les revête-
mens, à mesure qu'ils s'élèveront. Ensuite de quoi seront appro-
fondis les fondemens de trois pieds au dessous du fossé, & plus bas,
s'il est nécessaire, pour trouver le fond solide, dont les terres, ainsi
que celles qui proviendront des autres déblais, seront portées à la
masse des remparts, où elles seront dressées par lit d'un pied de
hauteur sur toute l'étendue des alignemens, & dans l'ordre qu'il
fera expliqué ci-près.

*Déblais des
fondemens.*

Pour prévenir les affaissemens que la transpiration des eaux de....
pourroit causer, on assurera le fond des fondemens par un rang de
madriers de bois de chêne de quatre à douze pouces de grosseur,
qui sera posé sur le devant, & fera saillie d'un pouce au dehors du
nud du mur. Que si quelque partie des fondemens se trouve ten-
dre ou douteuse, on continuera de mettre un rang de madriers
sur le milieu & sur le derriere du revêtement. Enfin si le fond se
trouve trop foible, on le fortifiera par un grillage de charpente
composé de longrines & racineaux de bois de chêne, ou sapin rou-
ge, de neuf à dix pouces de gros, assemblés à leur extrémité par
entaille à queue d'hironde, & tenus en raison par un rang de pi-
lots-de-garde battus sur le devant au refus du mouton; ce qui
étant ainsi préparé, & les fondemens dressés à plomb par dehors
& par dedans, & mis bien de niveau par devant avec six pouces
de pente par derriere, on les remplira de bonne & solide maçon-
nerie construite des plus gros libages & moëlons qui se pourront
trouver, lesquels seront bien garnis & posés en bain de mortier
composé comme il est dit ci-devant, de sorte qu'il ne reste aucun
vuide

*Madriers
en fonde-
mens.*

Fondement.

vuide dans le corps de la maçonnerie, & que pressant les pierres de la main & du marteau, le mortier souffle de toute part; ce qui doit être observé dans tout le composé de la maçonnerie, de même que les retraites sur le devant.

*Soubasse-
mens.*

Sur la seconde de ces retraites, & à trois pouces près de son bord extérieur, seront posées en parement, suivant le talud du revêtement, trois assises de pierre de taille de façon & qualité susdites, qui formeront un soubassement de trois pieds de hauteur, dont le sommet sera taillé en chanfrain de deux pouces, & bien garni par derrière au dessus du quel sera fait parement net de moëlon piqué, garni de grosse maçonnerie qui sera élevée jusqu'au dessus du cordon avec talud d'un sur six par devant, & à plomb par derrière; on observera de maçonner le parement de ce soubassement en mortier de ciment, & de jointoyer de même tout ce qui sera exposé aux flots de l'eau.

*Contre-
forts.*

On établira en même tems les contreforts suivant l'Ordre de leur distribution, & on les fondera aussi bas que le revêtement, pour les élever ensuite à la hauteur du dessus du même cordon à plomb de deux côtés & avec ébrasement égal de part & d'autre d'après leur milieu, au surplus construits & maçonnés comme le corps des revêtemens, à l'exception des paremens qui seront assis de hazard & soumis seulement aux simples alignemens des cordeaux.

*Cordon &
revêtement
des para-
pets.*

Le sommet de ces revêtemens sera terminé par un cordon de pierre de taille des façons & qualitez ci-devant énoncées, & sera surmonté d'un mur de brique de quatre pieds de haut & trois d'épaisseur, maçonné en bain de mortier ordinaire, qui servira de revêtement aux parapets; ce mur sera aussi terminé sur toute son épaisseur par une assise de briques posées en liaison alternative de quatre briques de cant, & d'autant de bout, avec pente de quatre pouces du derrière au devant, observant d'y faire un larmier débordant d'un pouce sur le fossé, & construit à petits joints en bonne liaison & avec mortier de ciment bien reciré à la truelle.

*Angles de
pierres de
saillie.*

Les angles d'épaule des petits flancs des courtines seront armés de pierres de taille conditionnées comme ci-dessus, & sur le milieu de chaque courtine sera fait une guérite aussi de pierre de taille suivant les plans & profils qui en ont été arrêtés, & ce qui en fera encore dit dans la suite.

A mesure que les revêtemens s'élèveront, on continuera le déblais des terres du fossé, dont les plus douces seront choisies & mises à part sur le chemin couvert pour en former les parapets tant dudit chemin couvert, que des ouvrages de la Place, & le surplus
fera

sera porté à la masse des remparts derrière & joignant les revêtemens & contreforts, où elles seront rangées & battues avec dames du poids de vingt-cinq à trente livres, par lits de six pouces de hauteur sur douze pieds de largeur, & dressées à chacun de ces lits en pente de six pouces sur le derrière, tant pour soulager ces revêtemens du poids des terres, que pour empêcher la pénétration des eaux au pied des fondemens.

Le côté des terres, qui joindra la maçonnerie, relèvera d'autant : & sur chaque deux lits, faisant ensemble un pied de hauteur, bien battus & bien dressés, comme il vient d'être dit, sera posé un rang de fascines, & espacés brins à brins à deux doigts de distance l'un de l'autre, le gros bout appuyé contre le derrière du revêtement, ce qui sera ainsi réitéré à chaque pied de hauteur jusqu'à l'entière élévation des remparts ; faisant attention que ces remparts doivent être élevés de trois pieds plus que les revêtemens pour les raisons qui ont été spécifiées, & que leur terre-plein doit être dressé en pente d'un pied & demi depuis la banquette jusqu'au talud intérieur, ainsi que celle du terre-plein, sera recouverte de la moins mauvaise terre qu'il se pourra trouver, & de la plus épierrée.

*Terrasse-
ment des
Remparts.*

Les parapets & banquettes seront construits dans le même ordre que les remparts, c'est-à-dire, que l'on observera ce qui a été dit au sujet du battement des terres & de l'arrangement des fascines ; avec cette différence, qu'on n'y emploiera que des terres douces, choisies & bien épierrées : que s'il ne s'en trouvoit pas suffisamment de cette qualité, il en faudroit passer avec des clayes assez fines, pour qu'il n'y reste aucun gravier, ni cailloutage.

*Terrasse-
ment des
parapets &
banquettes.*

On gazonnera le parement intérieur de ce parapet avec les précautions dont il a été parlé, & le gros bout de la fascine appuiera sur la queue du gazon.

*Gazonna-
ge des pa-
rapets.*

TOURS BASTIONNÉES.

Les Tours bastionnées seront fondées avec les mêmes précautions que les courtines, & à la même profondeur, supposé que le fond s'y trouve vif & solide, auquel cas on ne changera rien à la disposition qui a été marquée pour les fondemens du corps de la Place, excepté que les madriers seront redoublés au droit des angles, & retournés de douze pieds de chaque côté. Que si le fond se trouve tendre ou douteux, après l'avoir approfondi autant qu'on aura pu, on donnera six & douze pouces d'épaisseur aux madriers, & on en posera sur le milieu & sur le derrière des fondemens, com-

*Fondement
des Tours.*

me sur le devant, sinon il faudra griller; & s'il y a encore plus de précaution à prendre, on couvrira la superficie de la grille d'un plancher de madriers de six pouces d'épaisseur.

*Revol-
mens.*

Au surplus, tout se fera comme il vient d'être dit pour la construction des courtines, & on observera tant les deux retraites dans les fondemens, que les trois assises de pierre de taille qui forment le foubasement & la retraite qui est au dessus. On fera aussi une retraite de trois pouces du côté des terres; & cela au niveau du dedans des Tours, qui sera élevée de six pieds au dessus du fond du fossé, à laquelle hauteur toute l'épaisseur du revêtement fera réduite à douze pieds un pouce; & ce revêtement continué extérieurement en même parement & même garniture, que celui des courtines, taluant toujours d'un sur six, & à plomb par derrière. Le parement intérieur qui formera le pied droit des voutes, sera fait de brique sur un pied & demi d'épaisseur, & sera posé sur deux assises de pierre de taille qui regneront autour des faces, flancs, & gorges parallèlement au plan du noyau.

Parapet.

Le cordon qui terminera ce revêtement sera de qualité & façon susdites; & le parapet qui le surmontera sera entièrement fait de maçonnerie de brique, dans laquelle seront pratiquées quatre embrasures, deux à chaque flanc aussi à parement de briques choisies, frottées l'une contre l'autre jusqu'à ce qu'elles soient bien droites, & posées ensuite de cant & debout en bonne liaison sur trois pieds d'épaisseur, tant par le fond que par les côtés; & ces embrasures seront réglées suivant les mesures de leurs plans & profils, avec leurs rempes & plongées; ce qui s'observera de même pour les embrasures du bas étage. Enfin, ledit parapet sera terminé par une assise de briques posées alternativement de cant & debout, faisant saillie d'un pouce sur le fossé, & maçonnées en bain de ciment composé comme il est dit.

Evens.

Seront aussi construits à parement de brique les évens & cheminées nécessaires pour l'évaporation de la fumée, suivant qu'ils sont marqués sur le plan, c'est-à-dire, entre les embrasures du bas étage, & chacun de ces évens aura trois pieds de longueur sur neuf pouces de largeur par le bas, revenant à six pouces par le haut, où il débouchera dans l'épaisseur des parapets.

Banquettes.

On a dit en son lieu quelles doivent être les dimensions des banquettes de ces pièces, on observera seulement qu'elles soient toutes de maçonnerie.

*Angles &
garnies.*

Les angles du parement extérieur seront tous armés de pierres de taille de façon & qualité susdites, & sur l'angle flanqué de chaque Tour

Tour sera faite une guerite aussi de pierre de taille, conformément à ce qui sera dit ci-après.

Le noyau sera fondé aussi bas que les autres parties de la Tour, Noyau. & avec les mêmes précautions. Il sera élevé à parement brute jusqu'au niveau du rez-de-chaussée intérieur de ladite Tour, & après que ses alignemens auront été dressés, & ses pans réduits à leur juste mesure, on fera parement net par deux assises de pierre de taille, qui regneront tout autour parallèlement à l'intérieur des flancs, faces, & gorges, de même qu'autour des côtés du Magasin à poudre, puis on élèvera le surplus de la hauteur en grosse maçonnerie avec parement de brique d'un pied & demi d'épaisseur, & à plomb de quatre pieds & demi au dessus des fondemens, à laquelle hauteur la maçonnerie sera proprement arrasée & disposée pour commencer la naissance des voûtes.

Les angles du noyau seront aussi de pierres de taille posées par assises retournées de deux en trois; on observera la même construction aux gorges des Tours qu'à leur noyau, c'est-à-dire, même parement, même garniture, même profondeur des fondemens, & même retraité. Au milieu de ces gorges & au niveau du rez-de-chaussée de ces Tours, sera fait une porte de huit pieds de largeur sur huit & demi de hauteur, dont les pieds droits & voussours seront de pierre de taille, ainsi que les seuils & arrières-voussours. On aura attention d'y faire double feuillure, & de pratiquer à chacun de ces côtés des creneaux plongeans & bien voyans dans les dites Tours. Ce passage sera fermé par une porte de bois de chêne de quatre pouces d'épaisseur, garnie de ferrures & verrouils de force suffisante, & de deux bonnes ferrures; sera fait une pareille ouverture dans le milieu de cette gorge au niveau du rempart, avec une fermeture aussi de bois de chêne, garnie des ferrures nécessaires, le tout de force convenable. Gorge.

L'intervalle qui se trouvera entre les noyaux des Tours & leurs faces, flancs, & gorges, sera voûté à plein-cintre sur dix-huit pieds de largeur, & trois & demi d'épaisseur, le tout de brique, sur quoi sera élevé en chape avec moëlon & mortier de chaux & sable, la maçonnerie du couronnement des voûtes, dont la pente sera prolongée de part & d'autre pour donner de l'écoulement aux eaux; cette pente aboutira à un petit ruisseau qui sera formé le long des parapets à un pied & demi, puis les eaux s'écouleront dans le fossé par le moyen de quelques gargoüilles, qui les porteront à trois pieds au-delà du talud des revêtemens; on voûtera de même le Magasin à poudre sur toute sa largeur, & on y pratiquera les portes & évens nécessaires. Voûte.

*Chapes de
Ciment.*

Les voûtes étant terminées, on les couvrira sur toute leur longueur & largeur d'une chape de ciment.

*Terrasse-
ment des
voûtes.*

L'ouvrage étant bien conditionné & exactement visité, on terrassera sur les voûtes, commençant par un lit de gros sable ou de gravier, si on en a, ou de menuës recoupes de pierres de cinq à six pouces d'épaisseur, étendu & posé également sur toute la superficie de la chape, & continuant par un lit de terre douce d'un pied d'épais, qu'on battrà bien à la dame, & qu'on rechargera de même terre lit par lit jusqu'à l'entier terrassement qui sera élevé au moins de trois pieds au dessus de l'arête ou sommet des chapes.

*Poternes de
fortie.*

Les pieds droits, ou côtés des poternes de fortie joignant les flancs des Tours, seront fondés avec les mêmes précautions & solidité qu'il a été dit ci-devant, & seront élevés à plomb au dessus de leurs fondemens en grosse maçonnerie, avec parement de brique d'un pied & demi d'épaisseur du côté de la galerie seulement.

Pierrées.

On adossera l'exterieur de ces pieds droits, de pierres ou petits murs secs de deux pieds d'épaisseur, qui seront faits avec blocailles arrangées proprement à la main sans mortier, & arrasées à chaque levée de goîses ou gros gravier pour en remplir les joints. Ces murs seront élevés jusqu'à deux pieds près de la superficie du terre-plein des remparts, & ces deux pieds seront continués en maçonnerie de chaux & sable jusqu'à la rencontre de la chape de ciment, qu'il faudra prolonger sur toute leur épaisseur, afin que la transpiration & humidité ne se fassent point sentir dans les gros murs. Il faudra fonder ces pierrées un pied ou deux plus bas que l'aire des souterrains, & on aura soin d'y pratiquer des conduits proprement moulés pour faciliter l'égout des eaux. On fera aussi de pareilles pierrées aux passages de l'entrée des Tours, & à ceux des portes, poternes, flancs bas, souterrains, & généralement à tous les autres murs qui soutiendront des terres, quand même ils seroient couverts, afin que les eaux s'y rassemblent, & qu'elles ne pénètrent point dans les souterrains.

*Voûtes des
poternes.*

La voûte, qui portera sur les pieds droits de ces poternes, sera construite en plein-cintre de deux pieds d'épaisseur seulement, & le surplus sera de grosse maçonnerie, & élevée en demi cape contre la gorge de la Tour, recouvrant le mur sec, & recouvert ensuite d'une chape de ciment.

Il sera érigé dans le souterrain deux portes de pierre de taille de quatre pieds & demi de largeur chacune, sur sept de hauteur sous clef, observant de faire dans les pieds droits les feuillures nécessaires pour y appliquer les fermetures.

Les

Les murs du passage de l'entrée des Tours, aussi-bien que leur ébrasement extérieur, seront construits dans le même ordre que les poternes, & leur voûte faite en plein-cintre de trois pieds d'épaisseur de brique, surmontés d'une petite chape de maçonnerie & d'une autre de ciment. Les pieds droits de la porte auront chacun dix-huit pouces de tableau, & trois pieds de coinçon, ce qui fera quatre pieds six pouces d'épaisseur de mur au dessus des fondemens; cette porte sera voûtée à plein-cintre, & aura son arriere-vouffoir par derriere, & un seuil de pierre de taille d'un pied d'épaisseur, & de la longueur des tableaux. A l'égard des embrasemens, ils seront terminés par une assise de briques posées de cant & debout en bain de ciment, qui formera une tablette ou larmier débordant d'un pouce sur le devant.

*Passage
de l'entrée
des Tours.*

Toutes les portes de menuiserie, tant des Tours que de leurs passages & poternes, seront de bon bois de chêne bien sec, de deux pouces d'épaisseur pour les petites portes, & de quatre pouces pour les grandes d'assemblage, redoublées avec gonds & fortes pentures à queue d'hironde, bien attachées aux portes avec un clou rivé au collet, plusieurs autres clous limés à tête ronde le long des branches, & trois aux extrémités des queues d'hironde traversant toute l'épaisseur du bois, à pointe rabattue & contre-cognée, le tout de force suffisante, ainsi que les ferrures & autres ferrures.

*Portes de
menuiserie.*

On fondera les escaliers qui seront joignans l'entrée des Tours, sur un massif de maçonnerie de vingt & un pieds de long, & six & demi de largeur. Toutes les marches seront de pierre de taille, ainsi que les encognures du mur d'appui, qui sera recouvert d'une tablette aussi de pierres de taille de six pouces d'épaisseur, & deux pieds deux pouces de largeur, bien jointes & bien cramponnées avec crampons de fer coulés en plomb, & proprement enchaînés de leur épaisseur dans ladite tablette.

Escaliers.

Le rez-de-chaussée des Tours, aussi-bien que celui de tous leurs passages, poternes, & sorties, sera pavé de briques choisies, dressées l'une contre l'autre, & posées de cant en bain de mortier de chaux & sable fin, & bien de niveau: quant aux Tours qui serviront de Magazin à poudre, on y fera un plancher de poutrelles de huit à neuf pouces de gros, recouvert de madriers de chêne de deux pouces d'épaisseur, bien chevillés sur les poutrelles, & proprement joints & assemblés, sur lesquels seront ensuite chevillés les chantiers destinés à porter les barils.

*Pavé des
Tours, &
plancher.*

D 3 GRAN-

GRANDES PORTES, PASSAGES, ET CORPS DE
GARDE DES ENTREES PRINCIPALES.*Fondemens
des soubas-
semens.*

Les façades extérieures des quatre grandes portes d'architecture, de même que les murs de leurs passages, seront fondés en même tems que les revêtemens du corps de la Place, & avec les mêmes précautions. Chaque façade aura neuf toises & demie de longueur en fondemens, sur quatorze & demie de largeur, & après avoir été élevée à plomb devant & derrière en grosse maçonnerie, avec des retraites pareilles à celles des courtines, elle sera arrasée bien de niveau d'après le fond du fossé; sur lequel arrasement sera érigé en pierre de taille lisse & mortier de ciment, le soubassement de la façade avec le corps & arriere-corps figurés sur le plan, & avec talud jusqu'au rez-de-chaussée de la Place, où il sera terminé par un cordon de pierre de taille de dix pouces de hauteur, & de cinq de saillie.

*Cage de
la bascule.*

On observera, en construisant ce soubassement, de ne lui donner qu'un pied & demi d'épaisseur par le haut à l'endroit du basculement, afin que rien ne gêne le mouvement de la bascule, dont la cage aura douze pieds & demi de largeur sur treize de profondeur, & sera revêtue du côté des terres en grosse maçonnerie d'un mur de trois pieds & demi d'épaisseur au dessus de ses fondemens, & réduits à deux pieds & demi par le haut. On observera encore, pour descendre dans ladite cage, de pratiquer dans un de ses côtés un petit escalier voûté, de deux pieds & demi de largeur; & de donner un peu de pente au fond de la cage avec une gargoûille pour écouler les eaux qui pourroient y séjourner.

*Façades
des portes.*

Au dessus du cordon du soubassement, seront erigées les façades des portes suivant les dimensions qui ont été marquées ci-dessus: elles seront décorées de quatre pilastres d'architecture dans les proportions de l'Ordre Toscan, avec tous les refends, fontes, bases, impostes, chapiteaux, architraves, frises, corniches, frontons, & autres accompagnemens dudit Ordre; seront de plus sculptées les Armes du Roi dans l'arcade au dessus de la porte, & la Devise de Sa Majesté dans le fronton, le tout taillé-lisse, posé en mortier de ciment, bien appareillé, & proprement mis en œuvre; observant de plus que tous les joints soient d'équerre sur dix-huit pouces de long, que les carreaux soient mêlés d'un tiers de boudilles de deux pieds de queue, & que les arrieres-corps, écoinçons, & généralement toute la décoration, soient absolument conformes aux plans &

& aux profils. Les arriere-vouffures feront auffi toutes de pierre de taille; de même que le derriere des gros murs des portes, & les retours du haut & du bas des façades.

Les fondemens des murs qui formeront le passage de ces portes seront élevés jusqu'au niveau de ce passage; puis, après avoir fait trois poudes de retraites de chaque côté, on posera du côté du passage deux assises de pierres de taille lisse d'un pied de hauteur chacune, & mêlés d'un tiers de boutisses d'un pied & demi de longueur ou environ: sur ces assises on fera une autre retraite de deux poudes, pour élever ensuite à plomb les murs en parement de brique d'un pied & demi d'épaisseur, & le surplus du côté des terres en moëlon, caillou, & brique jusqu'à cinq pied de hauteur, où la maçonnerie fera arrasée bien de niveau pour recevoir un imposte de pierre de taille de huit poudes de haut, sur lequel commencera la naissance des voûtes. Les contreforts de ces murs seront fondés à même profondeur, & construits de grosse maçonnerie; les dosserets, ou arcs doubleaux, seront aussi de pierre de taille, & auront deux pieds de largeur sur deux de saillie; ceux, dans lesquels se trouvera le passage des orgues, auront quatre pieds dix poudes de largeur, y compris les febillures qui auront dix poudes d'ouverture, & autant d'enfoncement, & ceux du milieu du passage n'auront que quatre pieds. Ils seront tous espacés à neuf pieds & demi de distance les uns contre les autres, & les assises, dont ils seront composés, seront parpin entre deux une, observant que celles qui ne le feront point soient de deux pieces seulement, & non plus; ce qui se continuera jusqu'à la fermeture des arcades.

On fera une pierrée à chaque côté de ces murs, puis on commencera la naissance des voûtes au dessus de l'imposte. Ces voûtes seront construites de brique sur deux pieds d'épaisseur, à petits joints sur le devant, & grossissant insensiblement sur le derriere, suivant la coupe de leur ceintre, puis seront recouvertes d'une chape de ciment d'un pouce d'épaisseur; mais cela, aux endroits seulement où elles ne seront point couvertes par les bâtimens.

Les vestibules & corps de garde de ces passages seront fondés & élevés avec la même attention, & seront parfaitement conformes aux mesures & décorations de leurs plans & profils.

A droite & à gauche de ce passage sera posé des bornes de pierre de taille pour empêcher que les moyeux des roues des voitures n'offensent les dosserets & pieds droits des voûtes, & chacune de ces bornes aura cinq pieds & demi de hauteur, dont deux pieds & demi seront enterrés & scellés dans un petit massif de maçonnerie, dix-huit poudes

Passage des entrées.

Dosserets.

Vestibules & corps de garde.

Bornes & pavé.

32 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

pouces de diametre au niveau du pavé, & onze à douze à la tête; feront toutes aussi arondies & piquées proprement à leur place.

Pavé.

Le rez-de-chaussée, tant du passage que des corps de gardes & vestibules, sera pavé avec cailloux posés dans une forme de sable conditionnée comme il sera dit ci-après.

*Escaliers
& latrines.*

Les escaliers pour monter sur le rempart, seront construits de la même manière que ceux des Tours bastionnées, avec cette différence qu'on pratiquera sous chacun de ceux-ci une latrine, dans laquelle tomberont par un égoût les eaux de la Ville, pour ensuite dégorger dans le fossé. Les murs d'enceinte de ces latrines, de même que celui du retour de leur entrée, n'aura qu'un pied & demi d'épaisseur. Les fermetures, orgues, bascules, seront construites suivant leurs desseins particuliers.

LOGEMENT AU DESSUS.

*Mur de face
et de
refend.*

Les murs de face & de refend, tant du logement au dessus des vestibules & corps de garde, que de la chambre des orgues, seront construits de brique, crépis proprement par dehors, enduits & blanchis par dedans, & garnis de pierre de taille dans leurs angles. Les pieds droits des jambages, portes, croisées de leurs seuils, appuis, & fermetures seront aussi de pierres de taille proprement appareillées.

Cheminées.

Les cheminées seront construites de brique sur six pouces d'épaisseur, elles seront enfoncées de trois pouces dans l'épaisseur des murs de refend & pignon, élevées de trois pieds au dessus du comble, & crépies & enduites des deux côtés avec plinte de brique au niveau du faîtage, & un autre à trois pieds plus haut à l'endroit de la fermeture. Les tuyaux de ces cheminées auront trois pieds de longueur dans œuvre, & dix pouces de largeur.

*Croisées de
menuiserie.*

Les croisées seront faites de bois de chêne bien sec, leurs châssis dormans auront deux pouces d'épaisseur, leurs châssis à verre un pouce & demi, & les volets un pouce, le tout bien assemblé à rainure & abouëment. Seront de plus garnies de toutes leurs ferrures, savoir seize gonds, seize fiches à charnière, seize targettes ovales, & seize crampons, le tout proprement limé, & mis en œuvre, les vitres seront de verre blanc, & mises en plomb de force suffisante, puis arrêtées avec trois vergettes bien soudées à chaque panneau.

*Portes de
menuiserie.*

Les portes communes seront faites des hauteurs & largeurs des bayes avec bois de chêne bien sec, d'un pouce & demi d'épaisseur, assemblées

assemblées à rainure, collées & emboîtées par les deux bouts de six pouces de hauteur ; seront aussi garnies des gonds en pierre d'un pied de long sur un pouce & demi en carré, bien scellés & coulés en plomb, avec penture à queue d'hironde de deux pouces de largeur, sur deux pieds & demi de longueur, attachée auxdites portes avec un clou rivé au collet, le tout bruni & bien limé, de même que la ferrure qui sera à tour & demi avec deux verrouils garnis de leurs gâches & de la boule pour les tirer.

La partie du plancher dudit bâtiment, qui se trouvera au dessus du vestibule, portera sur de petites lambourdes qui seront posées au dessus de la voûte, & l'autre partie se trouvant sur les corps de garde qui ne sont point voûtés, portera sur des solives soutenues par des poutres qui auront treize à quinze pouces de gros, & les solives sept à cinq ; les unes & les autres seront des longueurs & qualités requises, & d'un bon bois de chêne bien équarri à vive arête & sans aubier. Les arbalétriers du comble, ses jambes de force, entrails, poinçons, blochets, & plattes formes seront de même bois, le surplus de l'assemblage sera de bois de sapin, & des longueurs & grosseurs dont il sera donné un détail ci-après. Les planchers seront aussi de sapin, bien dressés & bien blanchis, à l'exception de ceux qu'on pavera de brique.

*Charpente
& plancher.*

La couverture de ces bâtimens sera faite double, & de tuiles bien cuites du moule ordinaire du pays, posées sur un latis de sapin bien attaché aux chevrons, & de quatre pouces de pureau. Les égoûts y seront redoublés, & les faitières & arêtières recouvertes de tuiles creuses, posées en mortier de chaux & sable.

Conversion.

POTERNES DE SORTIE, SOUTERRAINS, ET AQUEDUCS.

On fondera les pieds droits des poternes de sortie & des souterrains ou flancs bas, sur un bon & vif fond avec grosse maçonnerie de même que les escaliers pour y descendre, puis toute retraite faite, on les élèvera en parement de brique d'un pied & demi d'épaisseur du côté de leur passage, & le surplus en maçonnerie brute, de même que les contreforts, observant d'y pratiquer tous les évens & cheminées qui sont marqués sur le plan. Les voûtes seront aussi construites avec briques choisies sur trois pieds d'épaisseur, puis seront recouvertes d'une chape de ciment.

*Poternes &
souterrains.*

Les portes des entrées seront de pierre de taille toute simple & sans aucune façon, que celle des feüillures, où seront appliquées des portes de bois de chêne à deux vantaux de quatre pouces d'é-

Portes.

34 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

paisseur, garnies de quatre gonds, quatre pentures, deux verrouïls, & deux ferrures de force suffisante.

Aqueducs.

Les massifs, qui porteront les aqueducs, seront fondés sur bon & vif fond de sept pieds de largeur, & les pieds droits seront revêtus par dedans de deux assises de pierres de taille, d'un pied de hauteur chacune, posées & garnies en ciment, & bien cramponnées avec crampons de fer coulés en plomb. Le fond de ces aqueducs sera pavé de pierres de taille à joints recouverts, aussi posées en ciment suivant la pente, puis sera surmonté d'une voûte de brique de deux pieds d'épaisseur terminée pardessus en talud, & dont les joints seront bien recirés avant que d'être recouverts de terre; on aura soin de griller l'entrée de ces aqueducs du côté de la Place, & leur sortie du côté du fossé, laquelle sortie sera réduite à dix pouces de largeur sur un pied de hauteur, avec une gargoüille de pierre de taille, qui portera les eaux au de-là du talud du revêtement.

CONTREGARDES, DEMI-LUNES, TENAILLES, ET OUVRAGE A CORNE.

Revêtement.

Les revêtemens des contregardes, demi-lunes, tenailles, & ouvrage à corne, seront fondés aussi bas que ceux du corps de la Place, & avec mêmes matériaux & mêmes précautions, puis seront élevés comme les courtines, en parement de moëlon piqué, posé sur deux assises de pierres de taille seulement avec retraite de deux pouces par devant, & talud d'un sixième de leur hauteur. Le derrière de ce parement sera élevé à plomb & construit de grosse maçonnerie composée comme il est dit ci-devant. Puis à la hauteur qui a été spécifiée en son lieu, la maçonnerie sera arrasée & terminée par une assise de briques posées de cant & debout, en bonne liaison & bain de mortier fin. On armera les angles de grosses pierres de taille des mesures & qualités susdites, & on observera de pratiquer dans les gorges les rempes & escaliers désignés dans le plan, de même que l'exakte distribution des contreforts qui seront aussi de grosse maçonnerie.

Terrassement.

Les terres des fossés de ces pieces seront portées à la masse de leurs remparts & parapets, & employées à les terrasser; ce qui se fera par lits battus d'un pied de hauteur, & fascinés dans le même ordre qu'il a été dit pour le corps de la Place.

Berme.

A la hauteur du sommet du revêtement des faces & flancs des ouvrages, & depuis le bord extérieur dudit sommet, sera faite une berme de dix pieds de largeur aux contregardes, d'un pied & demi
aux

aux tenailles, & de dix aux demi-lunes & à l'ouvrage à corne; le long de laquelle sera continuée l'élevation des remparts & parapets en gazonnage, ou placage seulement, observant de mettre à part toutes les meilleures terres qui ont été portées dans ces pieces pour être ensuite passées à la claye, & employées tant à la construction des parapets, qu'à recouvrir d'un pied & demi de hauteur toutes les superficies des terre-plein & talud des remparts, qui seront, ainsi que les banquettes, bien battus, bien dressés, & arrasés suivant leur niveau & alignement.

On plantera sur ces bermes, à l'exception toutefois de celles des tenailles, une haye vive d'épine blanche, conditionnée comme il a été dit ailleurs. *Haye vive,*

Les poternes de communication des contregardes aux tenailles seront construites dans le même Ordre que celles des courtines, n'y ayant de difference que dans leurs dimensions, qui ont déjà été expliquées dans leur article. *Poternes des contregardes,*

Il sera fait au passage des quatre demi-lunes, qui sont aux entrées principales de la Place, des portes d'architecture des dimensions & qualités énoncées ci-dessus; & ces portes seront ornées de deux pilastres érigés suivant les proportions de l'Ordre Toscan avec leurs socles, bases, chapiteaux, architraves, frises, & corniches, puis seront terminées par un fronton dans lequel seront sculptées les Armes du Roi, & sur lequel seront posées trois boules à feu, montées sur leurs pieds d'estaux, garnies de leurs flammes, & scellées avec goujon de fer d'un pied de long, coulé en plomb. L'une de ces boules sera mise sur le milieu du timpan, & les deux autres sur les pilastres. Le soubassement sera de pierre de taille depuis le dessus de ses fondemens jusqu'au dessous du pont-levis, ainsi que tout le composé des dites portes. L'on y observera tous les corps & arrières-corps marqués au dessein, de même que les basculages & autres assortimens. *Portes d'architecture,*

Les fondemens des profils du passage, ainsi que leurs contreforts, seront assis sur bon & vif fond, & construits de grosse maçonnerie; & après avoir fait les retraites ordinaires au niveau de ce passage, on commencera l'élevation des murs par deux assises de pierres de taille d'un pied de hauteur chacune, que l'on continuera ensuite à plomb de deux côtés, & en parement de brique d'un pied & demi d'épaisseur du côté du passage; le surplus en grosse maçonnerie jusqu'à la hauteur du rempart, au dessus duquel la maçonnerie des parties excedentes sera faite de brique sur toute son épaisseur. Sur quoi on observera d'arraser bien de niveau, dès le bas, ladite maçon- *Profils du passage.*

36 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

çonnerie à chaque pied & demi de hauteur, & d'y mettre des traverses de brique pour faire plus de liaison ; après quoi on la terminera à la hauteur du rempart par une assise aussi de briques posées de cant & debout en bain de ciment.

REDUITS DANS LES DEMI-LUNES.

Reduits,

La construction des reduits fera conforme en toutes choses à ce qui a été dit pour celle du corps de la Place ; on y observera mêmes angles, mêmes soubassemens, mêmes paremens, cordon, garniture, & terrassemens, avec les portes, passages, rempes, escaliers, & généralement tout ce qui est exprimé dans leurs plans & profils.

RETEMENT DES FOSSEZ.

*Revetement
des Fossez.*

La maçonnerie des revêtemens des fossez sera semblable à celle des gros revêtemens, & terminée au sommet par une assise de briques choisies, posées de cant & debout en bain de ciment avec un pouce de saillie sur le fossé, & un pouce & demi de pente par dessus vers le même côté. Les angles saillans seront arondis, & les rentrans garnis de pierre de taille sur deux ou trois pieds de part & d'autre ; observant de pratiquer des montées & des descentes de trois pieds & demi de largeur en rempe d'escaliers, dont les marches seront aussi de pierres de taille, & d'une seule piece, & auront huit pouces de hauteur sur dix de giron, posées & jointoyées en mortier de ciment. On aura attention d'augmenter de deux pieds d'épaisseur de ces revêtemens à l'endroit des escaliers.

CHEMIN COUVERT, ET GLACIS.

*Chemin
couvert.*

Le parapet des chemins couverts sera revêtu, comme il a été dit, jusqu'à un pied & demi près de son sommet ; ce revêtement sera fondé deux pieds plus bas que le dessus de la banquette, & établi sur deux rangs de madriers de quatre à douze pouces de gros, au dessus desquels il sera élevé à plomb jusqu'au niveau de la banquette, puis suivant le talud du gazon jusqu'à la hauteur de trois pieds & à plomb par derriere, le tout en grosse maçonnerie.

Glacis.

Le surplus de la hauteur sera gazonné jusqu'au sommet, & fasciné à l'ordinaire, observant d'y employer trois pieds de hauteur de terre douce qu'il faudra étendre jusqu'à cinq toises de la palissade, & bien épierrée, de même que toute la surface du glacis

cis qu'on aura soin de bien unir, & de dresser parfaitement suivant la pente.

On élèvera l'intérieur du parapet des traverses à même hauteur que celui du chemin couvert, & avec pente d'un pied ou un pied & demi du côté de la Place; on le revêtira de maçonnerie comme celui du chemin couvert, ou de gazonnage seulement, & l'extérieur de placage, observant aussi de mettre trois pieds de terre douce sur toute la surface supérieure de la traverse, & de la battre par lits de six pouces, & fasciner de pied en pied. Leurs profils, tant du côté du fossé, que de celui de leur passage de communication, seront revêtus sur toute leur hauteur, & leur sommet terminé par une assise de briques posées de cant & debout en mortier de ciment. Les passages de ces traverses auront chacun quatre pieds & demi de largeur prise dans l'épaisseur du glacis, & une toise de retour pour se couvrir des enfilades. Les banquettes seront semblables à celles des chemins couverts.

Traverses;

On revêtira aussi à même hauteur que celle des revêtements des chemins couverts, tous les profils des forties & passages des barrières. A l'égard de ceux qui se trouveront vis-à-vis les entrées des quatre grandes portes de la Place, on les revêtira d'un mur de brique de deux pieds neuf pouces d'épaisseur du côté du chemin couvert, & de deux pieds trois pouces à son autre extrémité du côté du glacis, avec talud & retraite en saillie de trois pouces pour les fondemens. Ce mur sera élevé à la hauteur du glacis dont il suivra la pente & son sommet terminé par une assise de briques posées de cant & debout en bain de ciment.

Profils des passages des barrières,

Les palissades du chemin couvert des traverses seront faites de bois de chêne, & auront huit pieds de hauteur sur dix-huit à vingt pouces de tour, on les espacera de deux doigts marqués sur leur litteau, l'une de l'autre, après les avoir bien appointées.

Palissades;

Pour fermer les passages & forties du chemin couvert, sera fait des barrières de la longueur des passages, à deux vantaux tournans sur pivots, arrêtés par le haut avec des collets & assemblés par des traverses & contre-fiches. Ces barrières seront entretenues par des poteaux de dix à onze pouces de gros, & neuf pieds & demi de longueur, ayant la pointe à même hauteur que celle des palissades, tenus en raison chacun par un patin de sept pieds de long, & sept à huit pouces de gros, & assemblés par deux seuils de la longueur des bayes, & de neuf à dix pouces de grosseur, dont l'un sera enterré de deux à trois pieds, & l'autre posé au niveau du passage; le tout de bois de chêne conditionné comme il est dit en son lieu, & garni de ses ferrures & serrures de force convenable.

Grandes barrières,

38 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

*Petites
barrières.*

Il fera aussi posé de petites barrières à un seul ventail de quatre pieds & demi de largeur à l'entrée des passages de chaque traverse, & seront des mêmes hauteurs, bois, assemblages, & ferrures, que les précédens, à l'exception des poteaux qui n'auront que neuf à dix pouces de grosseur.

PONTS DE LA PLACE.

*Ponts-dor-
mans des
entrées
principales.*

Les ponts dormans des entrées principales de la Place, tant sur le grand fossé, que sur celui des demi-lunes & réduits, porteront sur des fermes espacées à douze pieds de distance l'une de l'autre de milieu en milieu, & chacune de ces fermes sur une pile de maçonnerie de pierre de taille d'un pied de hauteur & d'un & demi de largeur, qui saillira hors du nud des seuils, & sera érigé au dessus d'un massif de grosse maçonnerie fondé sur des madriers de chêne.

Ces fermes seront composées de cinq poteaux, chacun de douze à quatorze pouces de grosseur, dont un sera posé dans le milieu & à plomb, & deux autres de chaque côté en talud avec des contre-fiches & liens de neuf à dix pouces, le tout assemblé à tenons & mortaises avec renfort dans le seuil & dans le chapeau.

On posera sur chaque travée cinq poutrelles de treize pieds de longueur chacune, & de douze à treize pouces de grosseur, qu'on aura soin d'espacer également sur quinze pieds de largeur qui sera celle de ces ponts, puis on les couvrira en travers d'un couchis de madriers de chêne de seize pieds de longueur & de quatre pouces d'épaisseur seulement, sur le milieu desquels sera fait en redoublement d'autres madriers de même bois de dix pieds de longueur, & de trois pouces d'épaisseur, pour garantir le premier plancher de l'effort & frottement des voitures.

Les poteaux des appuis seront ensuite dressés sur les chapeaux, & auront chacun six pieds de long, & sept à huit pouces de gros; ils seront garnis de leurs liens pendans, appuis, sous-appuis, potelets, & croix de saint André. Les liens pendans auront chacun six pieds de longueur sur six à douze de grosseur; les appuis & sous-appuis chacun douze pieds de long, & six à six de gros; les potelets chacun trois pieds de long sur cinq à six de gros, & les croix de saint André six pieds de long sur cinq à six de gros. Si l'on pavoit ces ponts, le garde pavé aura neuf à neuf pouces d'épaisseur sur toute la longueur des ponts.

*Ponts-le-
vis.*

Les ponts-levis seront faits de longueur & ouverture des portes de la Place, & seront assortis de leurs flèches, bascules, chassis, entre-

entre-toises, chaînes, ferrures, & ferrures nécessaires, le tout bien arrêté & attaché avec boulons, vis, & écrou proprement enchassés & mis en œuvre conformément aux desseins qui en seront donnés. Observant en general de donner vingt-sept pieds de longueur aux fleches sur douze & quatorze pouces de grosseur par le gros bout, & neuf à dix par le petit; réglant au surplus leurs assemblages selon les calibres nécessaires pour lever le marche-pied de ces ponts, dont il n'y doit avoir que le chassis de bois de chêne, & le reste de bois de sapin pour être plus léger & plus facile à lever & à mouvoir.

Les ponts de communication des contregardes aux tenailles seront plus légers que les précédens, & consisteront seulement en trois fermes espacées à dix pieds neuf pouces de distance les unes des autres de milieu en milieu, dont chacune sera composée d'un seüil, d'un chapeau, de deux montans, & des liens nécessaires. Les seüils auront dix pieds onze pouces de long sur sept à huit pouces de gros; les poteaux sept pieds cinq pouces de longueur entre seüil & chapeau, sur sept à sept de grosseur; les chapeaux six pieds trois pouces de long sur sept à sept; les liens trois pieds sur six à six; les poutrelles vingt-quatre pieds & demi sur six à sept, & les madriers du plancher quatre pouces d'épaisseur. Lesdites fermes seront aussi posées sur un massif de maçonnerie, & le pont-levis sera de la grandeur de l'ouverture de la porte du souterrain avec des grosseurs proportionnées.

Ponts de communication des contregardes aux tenailles.

G U E R I T E S.

Les guerites de pierre de taille se feront à chaque angle flanqué des Tours bastionnées, de même qu'au milieu de chaque courtine; seront de figure pentagonale, & auront quatre pieds & demi de diametre dans œuvre, & huit pouces d'épaisseur de parpin. On pratiquera à leur entrée une porte de deux pieds de largeur sur six de hauteur, & à chacune de leurs faces un petit creneau de deux pieds de hauteur & de six pouces de largeur dans le milieu de son épaisseur, faisant dedans & dehors un ébrasement de trois pouces de chaque côté de ce creneau. On observera d'ailleurs tous les panneaux, bossages, cordons, & ornemens qui sont marqués dans le dessein. Ces guerites seront posées sur un cul de lampe aussi de pierres de taille, dans la face duquel seront proprement sculptées les Armes du Roy, puis elles seront surmontées d'une voûte en dôme taillées & posées à joints recouverts par assises égales, bien travaillées & mises en mortier de ciment. Au dessus du dôme sera élevée une fleur

Guerites de pierre de taille.

40 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

fleur de lys de même pierre, arrêtée sur son pied d'estal avec un goujon de fer d'un pied de longueur, bien scellée en plomb.

*Passage des
Guerites,*

On communiquera à ces guerites par un passage de deux pieds & demi à trois pieds de largeur, revêtu de chaque côté d'un mur de brique d'un pied & demi d'épaisseur qui profilera les parapets & banquettes.

*Guerites
de bois.*

Toutes les autres guerites, tant des contregardes que des demi-lunes, ouvrages à corne, & autres de la Place, où il en fera besoin, seront de charpente de bois de chêne, & auront deux pieds & demi de largeur en quarré dans œuvre, sur cinq pieds huit pouces de hauteur, non comprise sa couverture. Les bois des montans & entre-toises auront six pouces de gros, & le châssis d'en bas sept à huit. Elles seront recouvertes, par les flancs & par le dessus, de planches de sapin bien attachées, & seront percées de crenaux par les côtés.

P U I T S.

Puits.

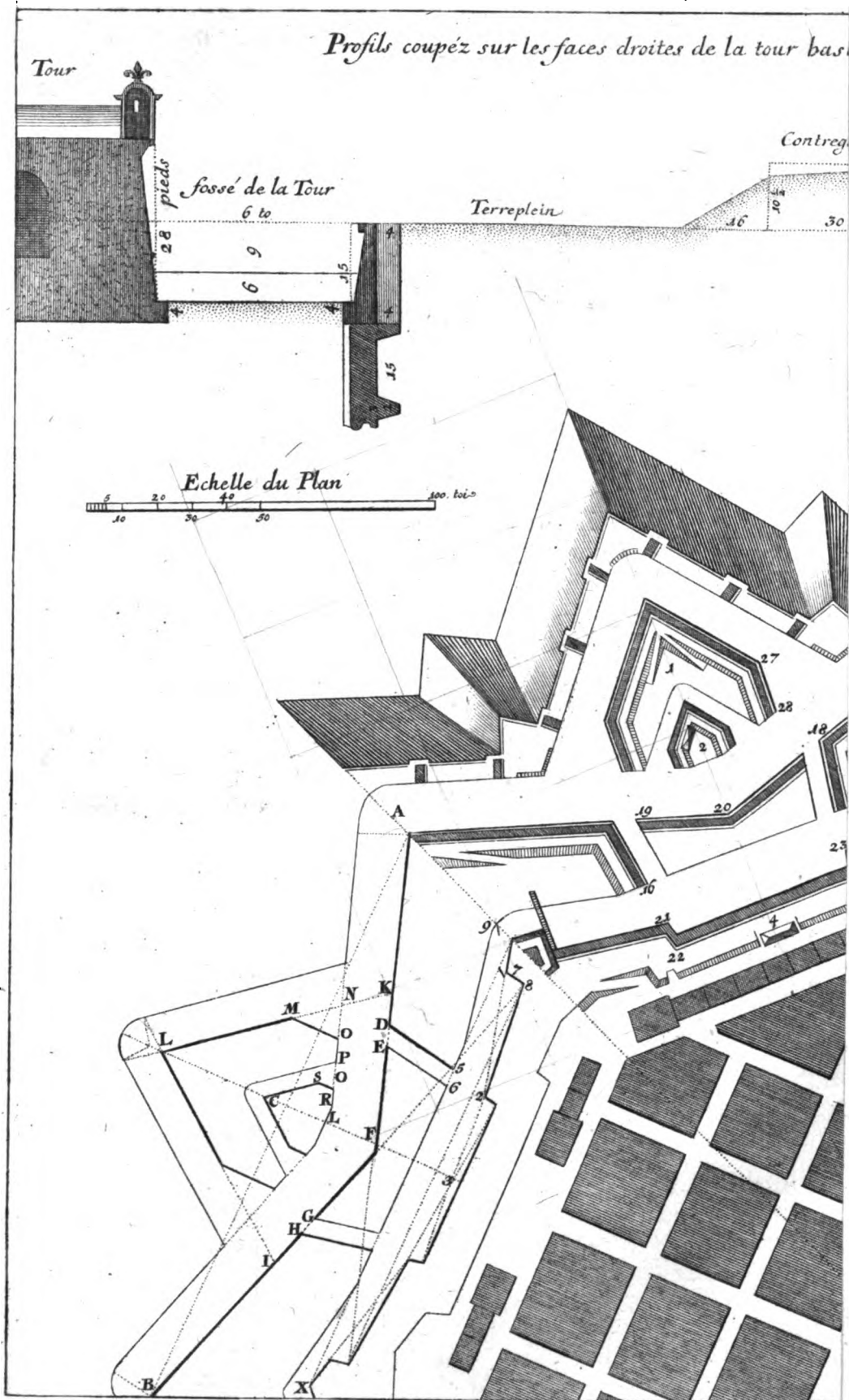
Les puits de la Place seront approfondis jusqu'à ce qu'il y ait quatre à cinq pieds d'eau vive, & plus, s'il est possible, après quoi on placera dans le fond un roüet de bois de chêne de quatre à douze pouces de grosseur, & de quatre pieds de diamètre dans œuvre, sur lequel seront posés quatre assises de pierres de taille l'un sur l'autre, d'un pied de hauteur chacune, faisant parpin de dix-huit pouces d'épaisseur, taillées dedans & dehors, posées en ciment & bien cramponnées avec crampons de fer coulés en plomb. Le surplus sera élevé en maçonnerie de brique ou de moëlon, faite avec un mortier de chaux & sable jusqu'à trois pouces près de la hauteur du rez-de-chaussée de la Place, puis sera surmonté de trois autres assises aussi de pierre de taille d'un pied de hauteur chacune, faisant parpin & proprement taillées dedans & dehors, la dernière desquelles servira de margelle, & ces trois assises seront posées en ciment, & cramponnées comme il vient d'être dit; au surplus, les puits seront garnis de leurs chaînes, poulies, seaux, & assemblage de charpente nécessaire, tant pour le support des poulies, que pour la couverture, s'il en est besoin.

P A V É D E L A P L A C E.

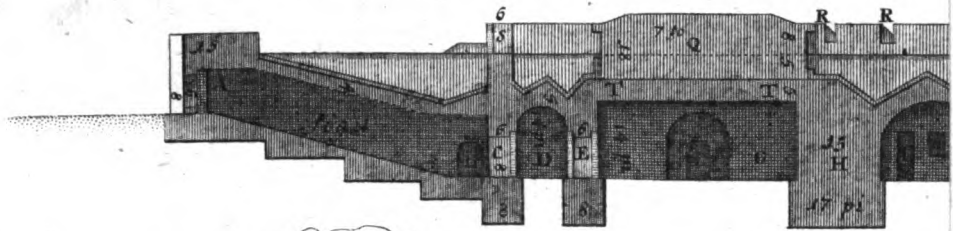
Pavé.

Le pavé de la grande Place sera construit de plus gros cailloux que l'on pourra trouver, & sera conduit régulièrement sur une pente égale pour faciliter l'écoulement des eaux; on élèvera pour cet

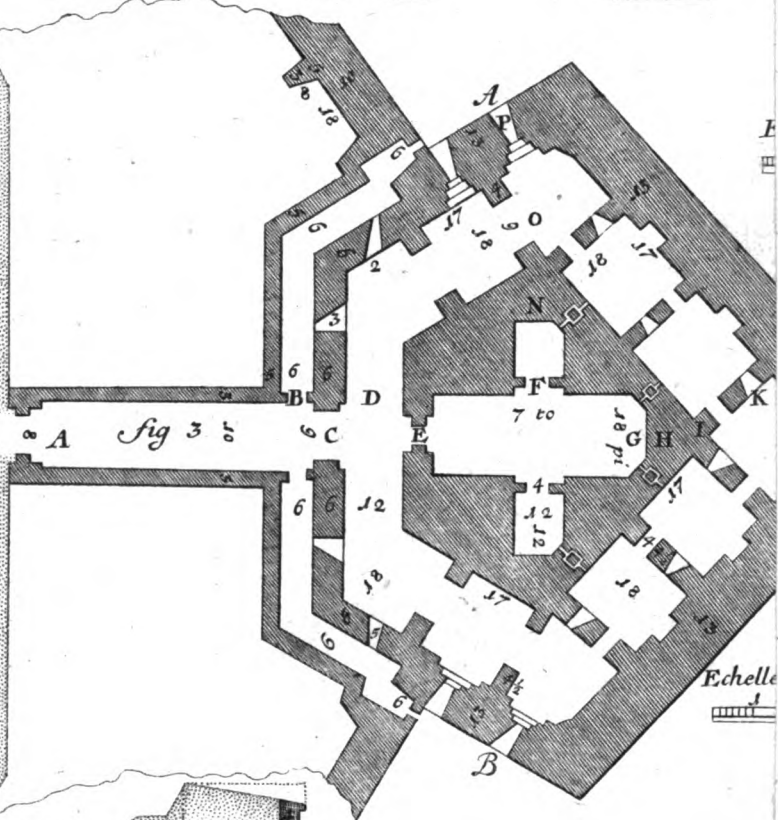
Profils coupéz sur les faces droites de la tour bas.



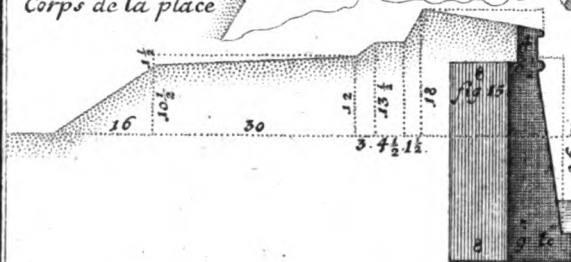
Profil coupe' sur la Capitale de la tour bastionnée



Plan de la Tour Bastionnée pris au Rez de Chaussée.



Corps de la place



Profil coupe' sur la Courtine, sur le

Fosse entre le Corps de la Place et la Tenai

Profil coupe' sur la face droite



fig. 6

cet effet le centre de la Place de quatre pieds, comme il a été dit, ce qui reviendra à trois ou quatre lignes par toise ou environ : & on observera, non seulement de placer les ruisseaux dans le milieu des rues avec pentes d'environ deux pouces & demi par toise, à commencer du pied des maisons jusqu'auxdits ruisseaux ; mais encore de diriger les pentes de longueur suivant la pente générale qu'il y aura depuis le centre de la Place jusqu'aux remparts. Ce pavé sera sur une forme de sable de huit pouces de hauteur à petits joints & en bonne liaison, puis sera bien battu & dressé avec la damoiselle le plus uniment que faire se pourra.

Voilà à peu près tout ce qui concerne la construction d'une Place neuve, & l'arrangement qu'on doit observer dans son Devis. S'il se trouvoit d'ailleurs des pilotages, écluses & autres ouvrages à faire dont il n'a pas été parlé, parce que nous nous proposons d'en faire le détail dans l'Architecture hydraulique, il faudroit les y inserer, n'ayant mis ici précisément que ce qui a rapport au Neuf-Brisac, dont j'ai tâché de ne rien omettre, tant pour ce qui regarde la distribution des parties, que l'ordre de l'exécution. Je n'y ai point parlé non plus des magasins à poudre ordinaires, parce que leur construction a été suffisamment traitée dans le quatrième Livre.

A l'égard des Devis qui se font annuellement pour l'entretien ou la réparation des Places, on suit communément l'ordre des articles de l'état de la Cour, & on traite chaque article en particulier & définitivement, sans s'assujettir aux divisions que j'ai observées dans le Devis précédent, qui n'ont lieu que dans les ouvrages de conséquence. Cependant, s'il se trouve dans les Devis annuels quelque chose de neuf à construire, & qui demande une attention particulière, il sera bon d'en faire un article détaillé, conformément au modèle ci-dessus, & d'y observer toutes les conditions & formalités jusques dans les moindres circonstances.

CONDITIONS ELEMENTAIRES DU DEVIS d'un Bâtiment civil.

DEBLAIS DES TERRES.

Après avoir tracé les murs du Bâtiment, & rectifié son alignement, il sera fait le déblais des terres des fondemens sur environ quatre pieds de largeur par le haut, & trois par le bas, jusqu'à ce qu'on ait trouvé un fond ferme & solide, lequel sera ensuite

Livre VI.

F

suite

suite dressé bien de niveau dans toute son étendue, & assuré, s'il est besoin, par des madriers de trois à quatre pouces d'épaisseur.

MAÇONNERIE.

Les fondemens des murs de face auront deux pieds & demi d'épaisseur, & seront non bloqués contre les terres, mais élevés à plomb & parallèlement entre deux lignés, faisant parement de chaque côté, puis seront bien garnis & arrasés de niveau, le tout posé en bonne liaison, & maçonné avec bon moëlon & mortier composé d'un tiers de chaux mesurée vive, & de deux tiers de sable ; au dessus de ces fondemens & avec même matériaux on érigera les murs des faces sur deux pieds d'épaisseur, non comprise la saillie du soubassement, hors du nud duquel sera fait retraite de trois pouces par dehors & de deux par dedans, & ces murs seront élevés de onze pieds jusqu'à la hauteur du dessous du plinte qui aura un pouce de saillie, & huit de hauteur.

On élèvera ensuite les murs du premier étage de dix pieds au dessus du plinte, & on observera de leur faire faire une retraite d'un pouce par devant sur l'aplomb des murs inférieurs (ce qui s'exécutera de même au dessus du plinte du second étage) & leur sommet sera terminé par un entablement décoré suivant le dessein, mis bien de niveau, & construit de pierres de taille, ainsi que le plinte, ou de briques choisies, posées en liaison dans le corps du mur.

Tous les murs de refend auront deux pieds d'épaisseur dans les fondemens, & seront réduits à un pied & demi au dessus, observant de leur donner aussi trois pouces de retraite de chaque côté, & de les élever avec un peu de fruit pour être réduits à seize pouces d'épaisseur au dessus du premier plancher, & à quatorze au dessus du second, le tout construit de même que les murs de face, avec moëlon & mortier composé comme ci-devant, puis crépis proprement, & blanchis des deux côtés.

Les murs de cloison, ainsi que les aîles & faces des lucarnes, seront construits de brique ; sçavoir, les faces sur dix-huit pouces d'épaisseur, & les aîles & cloisons sur six pouces seulement. Les contre-cœurs des grandes cheminées seront aussi faits de brique sur neuf pieds de hauteur, & ceux des communes sur quatre seulement avec un pouce de fruit par pied. Les hottes des manteaux, languettes & fermetures des cheminées, seront également construites d'une épaisseur de brique, & les ouvertures des tuyaux auront
trois

trois pieds & demi de long sur dix à onze pouces de large, & trois pieds d'élevation au dessus du faite, le tout bien uni & crépi, & enduit dedans & dehors.

PIERRE DE TAILLE.

Les angles du Bâtiment seront armés de pierres de taille, choisies dans la meilleure carrière du pays, non gelissés, ni filtrieuses, posées en bonne liaison par assises d'un pied de hauteur sur seize à dix-huit pouces de lit, ayant les joints d'équerre avec harpe de six pouces de chaque côté, & faisant retour alternativement de vingt & un pouces de face, & de deux pieds & demi. Les encognures des plintes & entablement seront de mêmes pierres, ainsi que les pieds droits des grandes portes d'entrées & leurs fermetures, qui porteront parpin d'une pierre entre deux; la plus courte desquelles fera au moins neuf pouces de liaison, & aura un pied & demi de longueur en tête, & un pied en retour de l'écoinçon; les pierres des pieds droits, qui seront de deux pieces, auront leurs joints bien à l'équerre, & les deux pierres formeront l'épaisseur du mur.

On espacera les croisées & autres portes suivant les mesures de leur dessein, leur fermeture sera bombée par dehors & par dedans, construite de pierre de taille ou de brique, ainsi que les pieds droits avec un seuil ou appui de pierre dure d'une seule piece, de sept pouces d'épaisseur & dix de largeur. Apres quoi sera faite une décharge au dessus de ces portes, & croisées, pour soulager leurs plat-bandes.

CHARPENTE.

La Charpente consistera dans les pieces suivantes, dont tous les bois seront bien équarris & sans aubier, proprement taillés & assemblés les uns aux autres avec tenons & mortoises bien chevillées.

1°. Les jambes des forces des combles auront chacune dix pouces de gros sur de longueur; les liens dix pouces de gros sur de longueur; les entrails dix à douze pouces sur; les blochets huit à dix pouces sur; & les plattes formes sur l'entablement quatre, & douze pouces de gros: le tout de bois de chêne. Le surplus de l'assemblage sera de bois de sapin.

2°. Les arbalétriers auront de longueur sur huit à neuf de gros; les poinçons de longueur sur neuf à dix; les pannes porteront sur les jambes de force, & auront les longueurs nécessaires sur sept à huit de gros; les contrefiches de longueur sur sept à

44 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

sept de gros; les chevrons.... de long & quatre pouces de gros, lesquels chevrons seront d'une seule piece, & espacés à un pied de distance les uns des autres, bien brandis & arrêtés sur les pannes, & les empanons bien dressés à la ligne.

Tous les soliveaux des planchers seront posés bien de niveau à deux pieds de distance l'un de l'autre de milieu en milieu, & auront.... de longueur sur huit à neuf pouces de grosseur; on y observera les enchevetrures nécessaires. Les gistes ou lambourdes sous le plancher du rez-de-chaussée auront quatre à cinq pouces de gros sur les longueurs nécessaires, & seront espacées de deux pieds & demi de milieu en milieu. La sablière, qui doit être posée sur les murs, aura douze pouces de largeur sur trois à quatre d'épaisseur. Les poteaux des cloisons auront cinq à six pouces de grosseur, & seront assemblés haut & bas à tenons & mortaises dans des sablières de six à sept pouces de grosseur, & délardés pour retenir la maçonnerie des panneaux.

Tous les bois des escaliers seront de la même qualité & dressés au rabot à vive arête avec les moulures convenables. Les balustres seront aussi de même bois, & tournés ou faits à la main. Les marches massives, délardées avec un demi rond sur le devant; les limons seront gros de cinq à dix; les noyaux de cinq; les appuis & les potelets de trois à cinq.

C O U V E R T U R E .

On n'employera aux couvertures que des tuiles choisies & bien cuite. Les lattes seront de bon bois de sapin de droit fil sans aubier, bien clouées sur chaque chevrons d'un clou à latte, & posées à distance égale & de niveau, afin que les pûreaux le soient aussi.

M E N U I S E R I E .

Les planchers au dessus des solives seront faits de planches de sapin bien sec d'un pouce ou un pouce & demi d'épaisseur, blanchies du côté vû, assemblées à rainure & languette, bien dressées & attachées aux solives avec autant de clous qu'il sera nécessaire pour les empêcher de se déjetter.

Toutes les croisées de menuiserie auront sept pieds & demi de hauteur sur quatre pieds quatre pouces de largeur, & seront assemblées à bouëment. Les châssis dormans auront deux pouces d'épaisseur, & seront ornés de meneaux ronds sur les montans & traverses, avec
un

un quart de rond sur l'appui élegi dans ces traverses. Les chassis à verre auront un pouce & demi d'épaisseur, & les volets un pouce, le tout de bon bois de chêne bien sec & bien assemblé, garni de ses ferrures qui consisteront pour chaque croisée en huit gonds, huit fiches ou gonds à charnière, quatre targettes, quatre crampons, & huit équerres proprement limés & mis en œuvre. Chaque panneau des croisées sera garni de verre blanc posé en plomb ou en mastic, soutenu & arrêté par trois vergettes de fer arrondies, bien clouées aux panneaux, & attachées avec bonnes attaches de plomb suivant l'usage.

S'il est jugé nécessaire de barrer ces croisées, on y emploiera des barreaux de fer quarré de trois quarts de pouce de grosseur, qui entreront de quatre pouces dans les appuis & couvertes, & seront scellés en plomb. Les portes communes seront aussi de bon bois de chêne bien sec, de six pieds & demi de hauteur, de trois de largeur, & un pouce & demi d'épaisseur, bien assemblées avec clef, collées & emboîtées par les deux bouts avec des emboîtures de cinq à six pouces de haut, & garnies chacune d'une serrure à tour & demi, benardée à l'usage de France, bien limée & polie de même que ses pentures & gonds qui seront seulement limés, brunis, & d'une force convenable.

Les portes à deux vantaux auront chacune quatre pieds & demi de large, & sept à huit de hauteur, & seront de bois de chêne d'un pouce & demi à deux pouces d'épaisseur d'assemblage, & d'un pouce seulement pour les panneaux. Elles seront collées & emboîtées comme les précédentes, sur la largeur & épaisseur du bois, & bien rabottées de deux côtés. Seront de plus garnies de ressorts, verrouils, ferrures & autres ferrures nécessaires, le tout proprement limé & de force suffisante.

Les grandes portes cochères auront neuf pieds de largeur sur douze à treize de hauteur, leurs battans seront épais de quatre pouces & larges de huit à neuf, les batis de trois pouces d'épaisseur, les cadres de quatre, & les panneaux d'un pouce & demi.

Le lambris des plafonds & côtés des chambres sera fait de bon bois de chêne ou de sapin bien sec, à grands panneaux assemblés, collés & bien arrêtés dans les murs, ou de planches seulement bien blanchies du côté vû, & recouvertes de liteau sur tous les joints.

Les conditions de cet Abregé peuvent s'appliquer aux Cazernes, Pavillons, Arsenaux, Logemens d'Etat-Major, & autres, en changeant seulement ce qui pourra faire quelque différence tant dans la décoration, que dans la pierre de taille & la qualité des matériaux

qui sont tous arbitraires suivant les lieux, la destination, & la dépense qu'on juge à propos d'y faire.

84:10:20:30:40:50:60:70:80:90:100:110:120:130:140:150:160:170:180:190:200:210:220:230:240:250:260:270:280:290:300:310:320:330:340:350:360:370:380:390:400:410:420:430:440:450:460:470:480:490:500:510:520:530:540:550:560:570:580:590:600:610:620:630:640:650:660:670:680:690:700:710:720:730:740:750:760:770:780:790:800:810:820:830:840:850:860:870:880:890:900:910:920:930:940:950:960:970:980:990:1000

DE LA FORME DES ADJUDICATIONS, Formalités qui s'y observent, & du Stile dans lequel elles sont conçûes.

LE Devis étant réglé, & partie des fonds assignée, l'Intendant de la Province fait publier & afficher dans toutes les Places de son Département, & même dans les Provinces voisines, qu'à tel jour nommé, il sera procédé en son Hôtel & par devant lui, à l'adjudication des ouvrages à faire pour la construction de la nouvelle Place, où seront admis tous ceux qui voudront se charger de cette entreprise, & faire la condition du Roi la meilleure, en donnant bonne & suffisante caution.

Le jour arrivé, l'Intendant, accompagné du Directeur des Fortifications, & autres assemblés à ce sujet, fait lire à haute voix le Devis tout entier, afin que les prétendants à ladite entreprise puissent être informés de la nature des ouvrages qu'on veut construire, & des conditions auxquelles ils doivent s'assujettir; après quoi commencent les différentes mises des Entrepreneurs, espee d'ouvrage par espee d'ouvrage, qu'on inscrit à mesure qu'elles se font. Puis quand il ne se trouve plus personne qui mette au rabais, on allume trois feux de bougie consecutifs, pendant la durée desquels un nouvel Entrepreneur peut encore être reçu à faire un nouveau rabais; & enfin après l'extinction desdits feux, l'entreprise est adjugée à celui qui a fait la condition du Roy la meilleure, & on en dresse procès verbal à peu près dans les termes suivans.

Ce jourd'hui ... mois, an, & jour ... Nous.... noms & qualités de l'Intendant de la Province, étant en notre Hôtel à... *nom de la Ville*, après plusieurs affiches & publications faites tant dans ladite Ville, que dans les autress Places de la Province, portant que ledit jour il seroit par nous procédé à l'adjudication & au rabais des ouvrages que le Roy a ordonné être faits pour la construction d'une Place neuve à..., *nom du lieu qu'on doit fortifier*, suivant le dessein de M.... y avons procédé en presence & de l'avis de M.... Ingenieur-Directeur des Fortifications desdites Places, aux clauses & conditions dont la teneur s'ensuit.

De-

Devis des ouvrages, &c. *On copie ici le Devis tout entier dans la forme qui a été prescrite, & après quoi on continue le procès verbal de la maniere suivante.*

Les Entrepreneurs, acceptant les conditions du present Devis, se fourniront de tous les matériaux, peines d'ouvriers, voitures, échaffaudages, ponts, planches, outils, engins, cordages, & généralement de toutes les choses nécessaires à l'exécution de leur entreprise, seront aussi à leurs frais tous les épuisemens d'eaux; & seront obligés, un an après la construction de la Place, de refaire tous les joints de la maçonnerie avec bon mortier de chaux & sable, sans qu'ils puissent prétendre autre chose de la part de Sa Majesté, que les prix portés par l'adjudication qui leur en sera faite, observans qu'aucune terre ne soit toisée deux fois, quoique parties soient sujettes à un second transport, à l'exception toutefois de celles qui seront passées à la claye, & des terres douces qui seront mises à part pour former les parapets, dont on tiendra compte pour le second transport; on observera encore qu'aucun remblais ne soit toisé, ni aucun vuide dans le cube de la maçonnerie. Seront au surplus lesdits ouvrages exécutés avec toute la diligence possible, sujets aux verifications & receptions suivant la maniere accoutumée, & garantissant un an après qu'ils auront été reçus par les Ingenieurs qui en seront chargés.

Au moyen desdits prix, les Entrepreneurs seront exemts de guet & garde, de toute corvée & logement des gens de guerre, & il leur sera permis de faire couper tous les gazons dont ils auront besoin, dans les prairies ou vieilles pâtures les plus à portée, qui leur seront marquées par notre Subdelegué, ou par les Magistrats des lieux, & l'Ingenieur en chef de la Place, sans que lesdits Entrepreneurs soient obligés d'en rien payer aux Propriétaires des terres. *Si la Place est bien frontiere, & qu'en soit en tems de guerre, on pourra ajouter qu'il sera donné à l'Entrepreneur les escortes nécessaires pour la conservation de ses bestiaux, soit chevaux ou bœufs employés à voiturier les matériaux pour la construction des ouvrages. Que si lesdits chevaux ou bœufs viennent à être pris avec les escortes par quelque parti ennemi, soit de troupes réglées ou autres, en voiturant les matériaux, l'Entrepreneur en sera indemnisé suivant leur juste valeur. Qu'au cas que ledit Entrepreneur, ou ses Commis, soient pris prisonniers par les ennemis en faisant le Service du Roy, leur rançon sera payée par Sa Majesté.*

Et après lecture faite du Devis ci-dessus à haute & intelligible voix, que les Entrepreneurs assemblés pour mettre leur rabais ont dit entendre, lesdits ouvrages ont été mis à prix, sçavoir,

La

*Suite du
procès verbal.*

48 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

La toise cube de grosse maçonnerie, par le Sieur. . . à trente liv. par le Sieur. . . à vingt-cinq livres, par le Sieur. . . à vingt-deux livres, & par le sieur. . . à vingt livres.

La toise cube des terres, &c.

Et ainsi de suite, désignant chaque espece differente d'ouvrages, sans en oublier aucun, s'il est possible, pour éviter toute contestation dans la suite, & spécifiant à chaque article toutes les mises qui y ont été faites suivant l'ordre, & finissant par la dernière & la plus foible.

*Suite du
procès ver-
bal.*

Après quoi, nous avons fait allumer trois feux consecutifs, pour voir si pendant leur durée quelque Particulier de ladite Assemblée ne feroit point quelque nouveau rabais; mais lesdits feux s'étant tous éteints, & ayant fait trois autres remises à differens jours sans qu'il se soit présenté personne qui ait voulu mettre lesdits ouvrages à plus bas prix, ni faire la condition du Roy plus avantageuse que le Sieur. . . Nous, de l'avis de M. . . Directeur, & sous le bon plaisir de Sa Majesté, lui avons adjugé & adjugeons lesdits ouvrages, à charge de donner bonne & suffisante caution. Sçavoir,

Audit Sieur. . . la toise cube de maçonnerie à vingt livres.

La toise cube des terres, &c.

Reprenant ainsi de suite toutes les dernieres mises dudit Entrepreneur.

*Suite du
procès ver-
bal.*

Lesquels prix seront payés audit Entrepreneur des derniers de Sa Majesté sur les fonds faits & à faire pour lesdits ouvrages au fur & à mesure de leur avancement, & sur les billets de l'Ingenieur qui aura la principale conduite. Fait à. . . jour & an que dessus, signé l'Intendant, le Directeur, & l'Entrepreneur.

Et à l'instant ledit Sieur. . . nous a présenté pour Caution la personne de Guillaume. . . demeurant à. . . lequel tant en cette qualité, qu'en celle d'Associé, s'est obligé pour ce present, & s'oblige solidairement comme pour les propres deniers & affaires de Sa Majesté, & par les mêmes voyes que ledit Entrepreneur est tenu. Fait lesdits jour & an que dessus. Signé l'Intendant de la Province & la Caution.

Pour la conduite que les Ingenieurs doivent avoir avec les Entrepreneurs, il faut d'abord se persuader, que comme les entreprises ne se font qu'en vûe du gain, on a besoin de toute son attention pour empêcher que ce motif n'occasionne bien des mal-façons, ou de la négligence dans le travail. Ainsi, pour y obvier, il est du devoir de l'Ingenieur de n'épargner, ni ses soins, ni ses peines, pour que toutes choses soient faites dans l'ordre, & d'être toujours pre-
sent,

sent, autant qu'il est possible à tout ce qui s'exécute. Les maçonneries sur-tout demandent une présence actuelle, de même que la façon des mortiers, & le choix de l'emploi des pierres: il ne faut avoir sur cela aucune indulgence, les ouvriers se relâchent assez d'ailleurs. On doit aussi avoir beaucoup de régularité dans les registres, dans la presse des attachemens, dans la distribution des témoins, dans l'acceptation des matériaux, & ne pas oublier de fixer la grosseur des bois avant que l'ouvrage se fasse, de crainte que l'Entrepreneur ne mesuse de la condescendance qu'on auroit de lui laisser employer à sa volonté, & qu'il ne multiplie mal à propos le nombre de cent de solives; abus qui n'est pas moins grand, & qui souvent n'est pas moins préjudiciable à l'ouvrage, que celui d'employer des bois trop foibles; il en est de même des ferrures & de plusieurs autres choses, qu'il seroit trop long de détailler.

D'un autre côté, il ne faut pas non plus être inquiet, ni vetiller sans sujet: le bien du service veut que l'Entrepreneur s'exécute, & qu'il n'épargne rien pour la bonté des ouvrages; mais, il veut aussi que le même Entrepreneur trouve, en travaillant bien, de quoi se dédommager de ses frais & de ses peines. Si cependant il a fait un mauvais marché, ou qu'il lui arrive dans le cours du travail des contre-tems fâcheux & inévitables, ce n'est point à l'Ingenieur à y entrer: l'Entrepreneur a la voye de représentation à la Cour, comme cela est arrivé plusieurs fois; & quand il est bien fondé, il est comme assuré de trouver dans la bonté du Roy de quoi l'indemniser de ses pertes. Mais, qu'on s'embarrasse peu d'ailleurs des tons plaintifs qui sont assez ordinaires à ces Messieurs. Un Ingenieur, qui sçait son métier, voit aisément ce qui est juste & raisonnable à faire; & pour peu qu'il prenne la peine d'entrer dans le détail de chaque chose, il connoît d'un coup d'œil à quoi il doit s'en tenir.

On demande s'il est plus avantageux de n'avoir à faire qu'à un seul Entrepreneur general, qu'à plusieurs qui seroient chargés de différentes especes d'ouvrages. L'un & l'autre peut avoir lieu, comme cela arrive quelquefois. Cependant, il convient mieux qu'un seul en soit chargé; & plusieurs raisons semblent autoriser mon sentiment.

1^o. Quand tout est réuni dans la même personne, le travail se fait mieux, il survient moins de discussions & de faux-fuyans.

2^o. Les intérêts du Roy ne périssent pas tant, & il est plus aisé de faire des recherches, si le cas y étoit.

3^o. L'Entrepreneur general trouve toujours lui-même des gens solvables & capables pour soutraire avec lui; & enfin dans les diffé-

rentes manœuvres qui surviennent, on sçait d'abord à qui s'adresser, & sur qui cela doit rouler, sans être exposé aux mauvais procédés qui arrivent souvent, quand plusieurs Entrepreneurs s'en mêlent. Ainsi, il n'y a point à balancer dans ce choix; & il est même d'usage dans une grosse entreprise de donner le tout à celui qui est chargé des plus gros ouvrages, quand même il s'en seroit trouvé d'autres qui eussent détaché quelque chose: mais aussi l'Entrepreneur general ne peut exiger que le prix des mises qui auront été faites.

A V E R T I S S E M E N T.

VOici le Devis des Cavernes de Bethune, relatif aux Dessins de la trentième Planche, tel qu'il m'a été envoyé par M. Dartezay qui étoit alors Ingenieur en chef de cette Place. Comme ce Devis est fort ample & très instructif, on y trouvera quantité de détails, dont il n'a pas été fait mention dans les autres précédens. Il y a quelques endroits qui auroient eu besoin d'être retouchés, pour rendre le Stile plus net; & sans doute que M. Dartezay l'auroit fait avec plaisir, s'il avoit eu le tems de le repasser: mais comme l'Impression de mon Livre étoit fort avancée, quand je le lui ai demandé, c'est à moi qu'on doit s'en prendre, & non pas à lui. J'ajouterai, que ce Devis étoit accompagné d'un autre pour la Citerne qui a été construite sous le même Bâtiment, que j'ai supprimé, parce que rapportant celui de la grande Citerne de Calais, il étoit inutile de multiplier les êtres sans nécessité.



DEVIS

DEVIS ET CONDITIONS QU'OBSERVERONT
les Entrepreneurs des Cazernes ordonnées
à faire à Bethune.

P R E M I E R E M E N T.

L Es terres pour les fondemens seront enlevées & posées dans les lieux indiqués, conformément aux alignemens & piquers de hauteur qui seront donnés, pour relever le terrain autant qu'il sera jugé convenir par l'Ingenieur-Directeur, ou celui en chef, pour remplir les trous, & mettre à hauteur les ruës qui y communiquent, afin de rendre le terrain bien uni, avec les pentes d'eau nécessaires, observant de les arranger & dresser par lits dans toute l'étendue qu'elles devront occuper, & de les bien battre avec des dames ou masses de bois; & s'il s'en trouve trop, l'Entrepreneur les fera porter hors la Ville aux endroits qui lui seront marqués; & quand il s'en trouvera de mal mises, il sera obligé de les ôter, & rétablir à ses frais.

Terres,

Ces terres seront mesurées & reduites à la toise cube dans les lieux de leur déblai, & payées au pris de l'adjudication.

I I.

L'excavation faite en profondeur suffisante, & le fond reconnu bon par l'Ingenieur, il sera applani bien de niveau; après que les alignemens auront été verifiés, on y commencera la maçonnerie en libage & gros moëlon jusqu'à un pied au dessous du rez, la quelle aura de largeur ou d'empatement, sçavoir, le pignon qui regarde la Ville, & la partie du mur de face qui regarde le rempart des deux bouts qui doivent butter les voûtes des écuries, cinq pieds huit pouces jusqu'à la premiere retraite, cinq pieds quatre pouces pour la deuxième, & cinq pieds en nette maçonnerie.

Maçonnerie des fondemens.

Le pignon qui regarde le Château, trois pieds quatre pouces jusqu'à la premiere retraite, trois pieds pour la deuxième, & deux pieds huit pouces en nette maçonnerie.

Les murs de faces, trois pieds deux pouces jusqu'à la premiere retraite, deux pieds dix pouces pour la deuxième, & deux pieds six pouces en nette maçonnerie.

G 2

Ceux

Ceux de refends qui doivent contenir les cheminées, & l'entre-fends qui traverse en long les écuries dans le milieu du bâtiment au quartier des soldats, trois pieds jusqu'à la première retraite, deux pieds huit pouces pour la deuxième, & deux pieds quatre pouces, ou trois briques & demie de huit pouces en nette maçonnerie.

Les dix contreforts des cinq angles, de cinq pieds jusqu'à la première retraite, quatre pieds huit pouces pour la deuxième, & quatre pieds quatre pouces en nette maçonnerie.

Les autres murs qui font la cage des deux escaliers, de deux pieds quatre pouces jusqu'à la première retraite, deux pieds pour la deuxième, & un pied huit pouces, ou deux briques & demie en nette maçonnerie.

Le mur d'échiffe au quartier des soldats, d'un pied huit pouces jusqu'à la première retraite, un pied quatre pouces pour la deuxième, & un pied, ou brique & demie en nette maçonnerie.

Les deux murs d'entre-fends pour le corridor au quartier des Officiers, deux pieds jusqu'à la première retraite, un pied huit pouces pour la deuxième, & un pied quatre pouces en nette maçonnerie.

Le mur qui sépare le quartier des Officiers de celui des Soldats deux pieds jusqu'à la première retraite, un pied huit pouces pour la deuxième, & un pied quatre pouces ou deux briques en nette maçonnerie.

Et l'autre mur traversant les deux dernières écuries, de trois pieds jusqu'à la première retraite, deux pieds huit pouces pour la deuxième, & deux pieds, quatre ou trois briques & demie en nette maçonnerie.

Les parties, qui se trouveront plus basses que six à sept pieds, auront une augmentation d'épaisseur, à raison de quatre pouces par retraite sur deux pieds & demi de hauteur; & si l'on rencontre le sable bouillant, on diligentera les fondemens en les découvrant, lui donnant toute l'épaisseur, ou empatement, qu'on croira nécessaire, qui sera toujours réduit en nette maçonnerie aux épaisseurs dites ci-dessus jusqu'au plancher du premier étage.

Les murs des latrines seront de même construction que ceux des faces des bâtimens.

Puis après avoir élevé trois rangs de brique bien de niveau, faisant chaîne sur toute l'épaisseur de ces murs, & vérifié de nouveau les alignemens & les angles, on y posera une graissérie servant de base en dehors, laquelle aura trois pieds de hauteur, où l'on laissera un chanfrain de deux pouces coupé en glacis, qui fera une retraite.

La

La même graïsserie sera continuée en dedans des écuries pour la conservation des murs, il en sera pareillement des pilastres des angles, ou encognures du rez-de-chaussée, qui feront un avant-corps de deux pouces de faillie; des pieds droits, ou jambages des fenêtres & portes, lesquels seront élevés jusqu'à la hauteur de sept pieds, observant les ébrasemens & battées suivant l'usage.

Les appuis des fenêtres, les feüils des portes en dehors, les premières marches, seront aussi de grès d'une seule pierre, le tout proprement piqué conformément au modele du nouveau Pavillon de saint Prix; les marches de l'escalier au quartier des soldats, aussi d'une seule pierre, seront débrutties, & mises en œuvre à joints quarrés & reconverts; elles auront douze pouces de giron sur six de hauteur, à porter dans les murs de trois à quatre pouces de chaque côté, ce qui fera quatre pieds deux pouces de longueur totale ou environ, sans défauts, ni déféctuosités vicieuses; après quoi l'on achevera de même façon les angles, les portes, les fenêtres, les cordons à chaque étage, les entablemens, & les fouches des cheminées au-dessus des toits, en pierres blanches, ainsi que les ornemens qu'on laissera en attente de sculpture.

Le reste de la maçonnerie sera fait en brique depuis le dessus de la graïsserie, ainsi que les voûtes des écuries, & celles des escaliers au quartier des soldats.

On gardera bien exactement les distributions des chambres & écuries, & les décorations suivant les desseins, plans, & profils qui seront donnez à l'Entrepreneur, ainsi que les retraïtes, sçavoir au premier étage, le pignon & la partie de mur de face, qui butteront les deux bouts des voutes des écuries, seront réduits à la même épaisseur, & tout ainsi que les autres murs de même nature diminuent une demie brique, de sorte que les deux pignons auront seulement deux pieds quatre pouces, ou trois briques & demie d'épaisseur, les murs de faces deux pieds ou trois briques, ceux des cordons au quartier des Officiers, & à celui des soldats au dessus des voûtes des écuries; les murs qui font la cage des escaliers, & celui qui separe les deux quartiers, seront réduits à un pied ou une brique & demie depuis le premier étage jusqu'à leur hauteur totale.

Les murs de refends, qui contiennent les cheminées, lesquelles seront dévoyées à côté l'une de l'autre dans l'épaisseur des murs du bas en haut, ne peuvent souffrir de réduction.

Tous les autres murs diminuëront de quatre pouces à chaque étage.

Le bâtiment des latrines fera de même construction, & des di-

menfions des murs de face, dont les voûtes en plein ceintre auront les ouvertures néceffaires pour le paffage des matieres, le fond pavé de grès avec une décharge dans la riviere.

Les chambres du rez auront onze pieds de hauteur, les autres des étages au deffus dix, non compris l'épaiffeur des planchers, les galletas auront auffi dix pieds d'élevation jufques fous les entrails, tous lesquels planchers feront compaffés, de forte que l'appui des fenêtres & l'entablement fe trouvent à trois pieds de hauteur au deffus tout au plus.

Les murs du dedans en general feront élevés bien à plomb ; & ceux qui font face auront environ un pouce & demi de fruit en dehors.

*Qualité des
matériaux.*

Les matériaux pour la conftruction de ces chofes, feront bons, bien choifis, conditionnés, & de l'échantillon ordinaire, les blancs ou gros libages pour les fondemens, provenans des carrieres de la Buftiere ou de Barloüin, tirés au moins d'un an, en bonne faifon, il en fera de même des grès dont les boutiffes dans les murs auront dix-huit à vingt pouces de queue, efpacés de trois en trois pieds de milieu en milieu en dedans & en dehors alternativement, & les panereffes ou carreaux dix à douze.

Les pierres de taille pour les pilafres des angles, les pieds droits, les ouvertures, les cordons, les entablemens, les fenêtres du galletas, & les ornemens des fouches des cheminées, feront auffi tirées au moins d'un an, en bonne faifon, ayant été expofées aux injures de l'hyver, bien ébousinées jufqu'au vif, en forte qu'il n'y refte ni fil, ni moye, ni veines jaunes, proprement taillées & ragrées au fer fuivant les panneaux & deffeins qui enfeigneront auffi les faillies qu'elles devront avoir.

Les briques feront toutes de même échantillon ordinaire, bien cuites & bien conditionnées, dont on choifira les plus belles pour les paremens, posées en bain flotant de mortier, de même que les pierres de taille, avec attention de les placer dans leur lit, ainfi que la graifferie, le tout par affifes égales de niveau & en liaifon, bien & dûement frottées, réparées, & dans les joints, recirées au fer à mefure que le travail avancera, obfervant de les bien appareiller ; principalement les pierres de taille, & les graifferies jointoyées au mortier de cendrée.

Dans les grandes chaleurs on aura foin de mouiller en employant chaque brique, afin qu'elles ne refusent pas le mortier.

L'Entrepreneur ne commencera à travailler à tous ces ouvrages, qu'après que les attachemens des fondemens lui auront été marqués par l'Ingenieur.

Cette

Cette maçonnerie sera mesurée & réduite à la toise cube pour les fondemens, & celle au-dessus à la toise quarrée d'une brique d'épaisseur suivant l'usage du lieu, toisée tant plein que vuide, sans rien diminuer des ouvertures.

La graisserie comptée au cent de pieds quarrés, mesurée paremens vus pour la taille ainsi que les pierres blanches.

Les appuis des fenêtres & les marches à la piece, mises en place, lesquelles choses seront payées au prix de l'adjudication.

I. I. I.

Le mortier, qu'on employera pour toutes ces maçonneries, sera composé d'un tiers de chaux vive de bonne qualité & cuison, sans biscuit, & non éventée, bien éteinte, & de deux tiers de sable pur du meilleur des environs, criant à la main; il sera dosé en présence d'un Ingenieur, & on ne l'employera que trois jours au moins après qu'il aura été bien battu, conroyé, & broyé de façon qu'on ne puisse plus distinguer la chaux d'avec le sable; & que l'un & l'autre étant confondus ne fassent plus qu'un même corps.

Celui dont on se servira pour les grès en paremens, encognures & autres, sera composé d'un tiers de chaux vive, & de deux tiers de bonne cendrée, façonné comme il vient d'être dit, n'y mettant qu'une fois de l'eau; puis étant rebattu pendant plusieurs jours, il sera employé tout frais battu autant que faire se pourra.

I. V.

Le pavé de grès pour la rue qui communique à ces Cazernes, pour la bande qu'on se propose tout autour, celui des cours, &c. sera du meilleur du pays, d'une dure & bonne qualité; il aura six à sept pouces de tête sur huit à neuf de queue, de figure presque cubique; & les bordures, de dix-huit pouces sur huit à neuf de large, & au moins douze de long, seront de même quarré sur les deux bouts; il sera appareillé & par routes égales, en liaison, sur un lit ou forme de sable de neuf pouces de hauteur, battu & affermi au refus de la damoiselle, observant les pentes & bombages qui seront réglés.

La même chose se pratiquera pour le pavé à relever, & ils seront tous mesurés à la toise quarrée, payés au prix de l'adjudication, bordures comprises.

V. Tou-

V.

Toutes les charpentes, qui se trouveront à faire pour la construction de ces Cazernes, seront executées suivant le Mémoire ci-joint, & les desseins qui seront donnés à l'Entrepreneur pour les longueurs, façons, & positions des bois, qu'il suivra de point en point, sans y pouvoir rien changer; tous lesquels bois seront bien sains & secs, coupés au moins de deux ans, & abbatus en bonne saison, à vive arête, à l'exception des sommiers auxquels on pourra laisser deux petits chanfrains d'un pouce & demi aux angles du dessous, les posant toujours de cant, & leur bombage en dessus, mais les angles du dessus à vive arête; toutes lesquelles charpentes sans aubier, capelures, ventelures, ni mauvais nœuds, seront mises en œuvre, assemblées à abreuvement, tenons, & mortoises avec toute la justesse, solidité, & propreté possible, & bien chevillées; & au cas que l'Entrepreneur livre des pieces plus grosses, elles ne lui seront mesurées que suivant lesdits desseins & memoires.

L'Entrepreneur sera obligé de faire, à toutes les marches massives de l'escalier au quartier des Officiers, une astragale avec une moulure poussée de deux ponces, & de faire aussi tourner au tour, suivant un dessein approuvé pour servir de modèle, les poteaux & potelets qui y seront employés.

Les premiers limons des deux escaliers au même lieu seront placés sur chacun une marche massive d'épaisseur & longueur suffisante pour être arondie en dehors; dans tous lesquels limons en general on assemblera ces marches, & ils n'auront d'autres ornemens que l'arête du dessous arondie entre deux petites moulûres.

MEMOIRE POUR SERVIR A LA DISTRIBUTION
des Bois employés aux Cazernes de S. Jor, détaillées par étage.

LES BOIS DU Rez.

Les supports mis en attente dans les murs pour porter les auges des écuries, 8. & 4.

Idem. Ceux du dessous des auges, 6. & 4.

Idem. Ceux pour les rateliers, 4. & 4.

Les pieces de bois, ou linteaux encastrés dans les murs des huit Chambres d'Officiers, pour servir de portemanteaux, 6. & 4.

Les madriers du dessus des portes en dedans, 10. & 4.

Ceux

LIV. VI. DE LA MANIERE DE FAIRE LES DEVIS. 57
Ceux des fenêtres aussi en dedans. 27. & 4.

LE PREMIER ETAGE. *Grosneur.*

Les huit sommiers des chambres d'Officiers,	12. & 10.
Les femelles ou coussinets sous ces sommiers,	6. & 4.
Les soliveaux des chambres d'Officiers & ceux du corridor,	6. & 4.
Les autres soliveaux qui portent les jambages des cheminées,	8. & 6.
Les cours des plattes-formes pour servir de tirans ancrés dans les murs à chaque étage,	6. & 4.
Les linteaux encastrés dans les murs des deux quartiers à chaque étage, pour servir de porte-manteaux,	6. & 4.
Les madriers au dessus des portes en dedans,	9. & 4.
Ceux au dessus des fenêtres des deux pignons,	17. & 4.
Les appuis des mêmes,	6. & 4.
Les madriers du dessus des autres fenêtres,	11. & 4.
Les appuis des mêmes,	6. & 4.
Les pieces de bois qui traversent les murs de refends, pour porter sur les jambages les ceintres des cheminées, & servir à tenir les chambranles,	4. & 4.
Les chassis des portes au quartier des soldats,	14. & 6.

LE DEUXIEME ETAGE. *Grosneur.*

Les huit sommiers du quartier des Officiers, & neuf à celui des soldats,	12. & 10.
Trois autres dans la premiere chambre joignant la citerne, & celle dans l'angle qui la suit,	14. & 12.
Les femelles ou coussinets pour les mêmes,	6. & 4.
Les soliveaux pour les hausses des escaliers au quartier des Officiers, & ceux qui portent les jambages des cheminées aux deux quartiers,	8. & 6.
Les autres soliveaux des planchers des deux quartiers,	6. & 4.
Les pieces traversant les murs de refends, pour porter les ceintres des cheminées aux deux quartiers,	4. & 4.
Les chassis des portes au quartier des soldats,	14. & 6.
Les madriers pour le dessus en dedans des fenêtres des pignons,	13. & 4.
Ceux des appuis des mêmes,	6. & 4.
Les madriers pour le dessus en dedans des autres fenêtres,	8. & 4.
Les appuis des mêmes,	6. & 4.
<i>Livre VI.</i>	<i>Les</i>

38 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

Les madriers du dessus des portes des chambres d'Officiers en dedans,

6. & 4.

LE TROISIEME ETAGE OU GALETAS.

Grosneur.

Les huit sommiers du quartier des Officiers, & quatre aux chambres du côté du pignon qui regarde la Ville, à celui des soldats,

12. & 10.

Dix-huit autres sommiers aux chambres du pan coupé, & autres le long de la face qui regarde le rempart, & ceux qui soutiennent la manfarde,

14. & 12.

Les semelles ou coussinets en general.

6. & 4.

Les soliveaux pour les hausses des escaliers,

8. & 6.

Ceux pour porter les jambages des cheminées aux deux quartiers,

8. & 6.

Les autres pour les planchers des deux quartiers,

6. & 4.

Les pieces traversant les murs pour porter les manteaux des cheminées des deux quartiers,

4. & 4.

Les chassix des portes au quartier des soldats,

14. & 6.

LE COMBLE ET LE PLANCHER EN DESSOUS.

Cours de pannes de brisis,

12. & 6.

Les gouffets, ou enraînures des angles,

10. & 8.

* Les entrails portent sur les deux murs du corridor, car autrement il leur faudroit plus de grosneur.

Les jambes de force, les blochets, les entrails*, ceux des croupes, les arbalétriers ou petites forces, les poinçons, les voliers ou enraînures, les arrêts sur les angles du faux comble, sur la panne de brisis, les soliveaux ou gîtes des escaliers des deux quartiers, ceux servant de litoirs le long des fouches des cheminées, & qui portent les planchers des deux quartiers,

7. & 6.

Cours des sablières ou plattes,

10. & 4.

Cours d'autres sablières sur l'entablement, pour porter les coyaux au comble des fenêtres,

6. & 4.

Cours de pannes, ou ventrières au faux comble, sur deux rangs de chaque côté,

6. & 4.

Cours de faites & sous-faites,

6. & 4.

Les pieces d'entre-toises faisant les croix de saint André entre les faites & sous-faites, les liens ou brasons des fermes & autres, les plattes-formes ou coussinets pour toutes les pieces qui portent sur les murs,

6. & 4.

Les pieces qui portent les jouës des fenêtres du troi-

sime

LIV. VI. DE LA MANIÈRE DE FAIRE LES DEVIS. 59

sième étage, ou galeas,	8. & 4.
Les montans, & les petites pannes, & les appuis des petites fenêtres des greniers,	6. & 4.
Les ceintres qui font le devant des mêmes,	10. & 4.
Les deux châllis des portes des greniers sous le faux comble,	9. & 5.

LES DEUX ESCALIERS AU QUARTIER DES OFFICIERS.

Les limons, & les patins sous les deux premiers limons,	10. & 5.
Les cent soixante & quatre marches massives coupées en triangle rectangle, réduits à	13. & 4.
Les seize pieces traversant la cage des escaliers à l'endroit des palliers & au haut de chaque étage, pour porter & appuyer les limons,	10. & 8.
Les trente-deux grands poteaux,	5. & 5.
Les deux cens huit potelets tournés, compris ceux au devant des fenêtres,	4. & 4.
Les cours d'appui des escaliers, & au devant des fenêtres,	5. & 4.
Les solles au devant des mêmes fenêtres pour porter les potelets,	5. & 4.
Les soliveaux des palliers & autres,	6. & 4.

BOIS D'ORME AU QUATRIÈME PLANCHER, ET AU COMBLAGE.

Les soliveaux des chambres des deux quartiers & des corridors,	6. & 4.
Les chevrons, les coyaux, le comblage des fenêtres des galeas, & celui des petites lucarnes,	4. & 3.
Les ruelles ou linteaux aux mêmes fenêtres,	3. & 2.
<p>Cette charpente sera toisée pour être réduite au cent de solives suivant l'usage, & payée, sçavoir le bois de chêne ordinaire à un prix, celui des sommiers de dix pouces d'équarrissage & au dessus, à un autre, à cause de leurs longueurs & grosseurs, & les bois d'orme des combles aussi à un prix particulier; les rateliers des écuries égaux à ceux des Cazernes de saint Prix, à la toise courante, moyennant quoi l'Entrepreneur sera tenu à tous les ornemens ordinaires de la charpente, & au rétablissement de toutes ouvertures dans les</p>	
H 2	murs

60 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

mur's & dégradations qu'il sera obligé de faire pour placer ces bois, ou qui surviendront par mal-adresse.

V I.

Les planchers des mangeoirs dans les écuries, ceux des chambres, des grandes portes d'entrées, de celles des écuries, &c. seront de bonnes planches d'un pouce franc d'épaisseur, bien séches, sans défauts, ni nœuds vicieux, mises en longueur pour porter sur les gîtes, de la même qualité de bois qu'il est dit ci-devant, bien jointes & équarries, de sorte que les bouts de deux planches couvrent chacune en se joignant, la moitié d'un soliveau, parées & rabottées des deux côtes, s'il est besoin, assemblées à languette & rainure pour les portes, & à joints recouverts d'un quart de pouce au moins pour les planchers, attachées chacune avec de bons clous sur chaque gîte ou soliveau, de longueur convenable, en quantité suffisante, & enfoncés à tête perdue.

Cet ouvrage sera payé à la toise quarrée, le chêne neuf à un prix, & le bois blanc à un autre, les clous, chevilles, & généralement tout ce qui en dépendra, compris.

V I I.

La menuiserie qui consistera particulièrement en entre-deux portes au quartier des Officiers, les chambranles des cheminées au même lieu, quatre-vingt quatorze croisées aux deux quartiers, les armoires, &c. sera d'un bois de chêne choisi, bon & bien sec, de cinq ans au moins, & des qualités expliquées à l'article 5. de la Charpente, le tout bien uniformément exécuté suivant les desseins; sera payé à la pièce, les portes des chambres d'Officiers à un prix, celles des écuries & chambres des soldats à un autre, les fenêtres à un autre, les chambranles ou bas des cheminées aussi à la pièce, & le reste à la toise quarrée.

V I I I.

Les plafonds des galetas seront faits de lattes de cœur de chêne, solidement clouées aux gîtes ou soliveaux, sur lesquelles on appliquera deux couches de mortier, la première composée d'argile avec un huitième de chaux vive, dans laquelle on mêlera de la bourre qu'on aura en soin de bien battre pour en ôter la poussière, reprise & rendue unie par dessous; la seconde sera aussi de chaux seule-

seulement bien éteinte, coulée, & de bourre blanche battuë en quantité suffisante, le tout broyé ensemble; observant de faire ces mortiers trois ou quatre jours avant que de les employer, & de mettre la seconde couche après que la premiere aura été reconnüe suffisamment sèche, sans l'être trop, afin que les deux couches fassent union ensemble.

Cette deuxième couche sera proprement cirée & polie à la truelle jusqu'à ce qu'elle ne puisse plus fendre, pour ensuite être lavée deux fois avec la brûle d'un lait de chaux vive mêlé de petit bleu.

Cet ouvrage sera mesuré & payé à la toise quarrée, tout compris.

Les enduits des chambres & autres seront executés avec les mêmes mortiers & de même façon que les précédens, ayant attention de bien mouïller les paremens pour la premiere couche.

Ils seront aussi payés à la toise quarrée.

I X.

Les carreaux de terre, que l'on employera dans les chambres, seront bons, bien cuits, & de même échantillon, de cinq à six pouces en quarré; ils seront posés sur une forme de terre grasse d'environ un demi pouce d'épaisseur, en ligne droite, & en liaison, sur une couche de mortier égal à celui des maçonneries, bien de niveau, pour être aussi mesurés & payés à la toise quarrée.

X.

La couverture d'ardoise d'Angleterre sera bonne, noire, luisante, & ferme, recoupée sur trois côtez, bien appareillée; pour être posée au tiers de pureau, ou de sa hauteur, d'alignement, à joints recouverts, clouée de trois bons clous chacune, sur un plancher de bois blanc d'un pouce d'épaisseur, & des qualités dites à l'article 5. & 6. lesquelles planches auront été bien alignées pour être ajustées & jointes ensemble sans intervalle, attachées avec trois bons clous sur chaque chevron.

L'Entrepreneur en fera payé à la toise quarrée, plancher & toutes autres fournitures comprises, mesurées tant plein que vuide pour les fenêtres & autres ouvertures des toits, dont il ne pourra prétendre d'augmentation non plus que pour les bordures.

X I.

La plomberie au comble de ces Cazernes aura sur l'enfaîtement

62 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

une ligne un quart d'épaisseur sur dix-huit pouces de largeur, qui seront neuf pouces de chaque côté, arrêtée avec des crochets de fer de quatre à la toise, ou de pied & demi en pied & demi de distance; il en sera de même des enfaitemens des fenêtres des gale-tas, & de celui qui doit en couvrir ou en revêtir le dessus de la maçonnerie.

Le plomb des enfaitemens des lucarnes aura quinze pouces de large sur une ligne d'épaisseur.

Celui des noquets pour les nouës, & le long des fouches des cheminées, de même épaisseur sur neuf pouces de large.

Le plomb pour revêtir les cordons, ou la panne de brisis, aura aussi une ligne d'épaisseur sur douze pouces de large, afin de recouvrir quatre pouces au moins partie du premier rang d'ardoise au dessous de la brisure.

Le plomb des arêtières aura aussi une ligne d'épaisseur sur douze pouces de large.

Celui, qui couvrira le pan coupé du côté de la cour, aura pareillement douze pouces de large sur une ligne au moins d'épaisseur.

Le plomb des chaîneux, pour recevoir les eaux sous l'entablement, aura dix-huit pouces de large sur une ligne & demie d'épaisseur, arondis & couverts vis-à-vis les fenêtres des gale-tas, pour empêcher les ordures que les soldats y pourroient jeter; ils auront un pouce de pente par toise, soutenus par des crochets de fer de pied & demi en pied & demi, afin de les conduire sous l'aplomb des citernaux.

Le plomb des bavettes ou larmières, par dessus ces chaîneux & l'entablement, aura trois quarts de ligne d'épaisseur.

Le plomb des descentes dans les citernaux & pour les pompes, de trois pouces de diamètre sur deux lignes d'épaisseur, sera attaché à la muraille avec des colliers de fer qui puissent s'ouvrir au besoin.

Tout lequel plomb sera du meilleur que l'on puisse trouver, loyal & marchand, coulé en tables bien unies, soudé avec étain fin à l'ordinaire; il sera pesé au poids de la Ville, & payé au quintal, soudure comprise.

XII

La ferrure dont on distinguera de deux sortes.

Le gros fer neuf comprend tout ce qui sera employé en gros ouvrages, comme les anneaux en dehors qui seront mis dans les murs de face en bâtissant pour le besoin des Cavaliers, les cinq chaînes qui

qui traverseront en long d'un bout à l'autre dans les dix écuries à hauteur de la naissance des voûtes, sçavoir, sur les deux murs de face, sur le mur d'entrefends, & le milieu des écuries, celles en large sur les cinq murs de refends au même quartier, & ceux des deux bouts; lesquelles chaînes auront un pouce & demi en quarré, ancrées à demie brique des paremens des murs, avec des clefs de même grosseur de quatre à cinq pieds de longueur, bandées au moyen des talons ou crochets faits exprès aux forges, forts & bien soudés à chacune de ces chaînes, compassés pour être au milieu de chaque mur, & d'un coin long d'un pied avec quelques autres petits frappés à chaque endroit entre deux de ces talons ou crochets à force avec un gros marteau, ayant attention de ne faire cette dernière operation, que quand les maçonneries du dessus qui les enfermeront auront été élevées de cinq à six pieds, même davantage, pour les mieux contenir, & de laisser à chaque jonction de ces talons un intervalle suffisant pour frapper ces grands coins & petits déjà placés, jusqu'à ce que l'on voye la chaîne suffisamment tendue, car il seroit dangereux de passer outre.

Les autres ancres, molles, bandes, ou plattées formes à chaque étage, en bois de chêne dont on a parlé à l'article 5. gonds, crochets, pentures des grandes portes, éguilles des Fleurs de lys, & le reste, lequel sera de bonne qualité, doux, pliant, sans paille, d'un grain fin, clair, & pressé, non cassant, & bien forgé suivant les instructions qui seront données, proprement travaillé & mis en œuvre.

Le fer à la lime & d'un grain plus fin & plus pressé, sujet à être limé, devra être travaillé & des qualités dites ci-dessus; il consistera en petits boulons, verrouils à ressorts, gâches, targettes, crochets, & équerres des combles, la ferrure des trente-deux portes des chambres d'Officiers, composée chacune de deux pentures, une ferrure à tour & demi avec la clef, garnies différemment les unes des autres, un glissoir & un bouton accompagné de sa rosette pour les ouvrir & fermer; les trente du quartier des soldats aussi de différentes garnitures, & celles des dix portes des écuries qui seront à tour seulement, ayant toutes chacune deux gros verrouils plats ou targettes en dedans.

Les portes des vestibules auront mêmes garnitures, mais plus fortes, afin de mieux résister, sans oublier un crochet à chaque venteau, afin de les tenir ouverts.

La ferrure des croisées au quartier des Officiers consistera en six pentures à charnières, deux verrouils plats, l'un en haut plus long que l'autre en bas, six pattes & un bouton; celle des fenêtres du quar-

64 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

quartier des soldats, & des écuries, fera de même qualité; desquelles ferrures des portes & fenêtres il fera fait un modèle, qui, après avoir été bien examiné & approuvé, servira pour l'adjudication à la piece de chacune de ces ferrures, que l'Entrepreneur sera obligé de mettre en place où on lui indiquera; fournira les clous nécessaires à cette fin, qui, pour les autres ouvrages, seront pesez avec le reste.

Ces deux sortes de fers seront pesez au poids de la Ville, & payez au quintal, compris toute main d'œuvre, mais à prix differens, la ferrure entiere des portes à la piece, ainsi que celle des croisées, tout compris,

X I I I.

La vitrerie pour les croisées fera de verre de France bien blanc & uni, sans pailles ni boudines, mis en plomb tiré d'un tiers de pouce de largeur pour l'encastrement des carreaux, & la facilité de les remplacer lorsqu'ils sont cassez, proprement travaillez, suivant les desseins qu'on donnera.

Il sera mesuré au pied quarré de douze pouces, les verges de fer comprises, que l'Entrepreneur fournira à chaque rang de carreaux, en grosseur suffisante pour bien affermir chaque panneau, & les soutenir contre les plus grands efforts du vent.

X I V.

La peinture d'impression à l'huile pour les portes d'entrée, celle des écuries, les croisées en dehors, la panne de brisis, les lucarnes de bois, & le reste, sera mise en couleur de bois, imprimée de deux couches composées de blanc de ceruse, mêlée d'ocre jaune, ou de telle autre couleur que l'on jugera convenir, de la meilleure, & broyée avec de l'huile de lin, dont la seconde couche ne se mettra que lorsque la premiere sera bien seche.

Cet ouvrage sera mesuré, réduit, & payé à la toise quarrée.

X V.

Les trois Fleurs de lys à quatre angles pour les deux coupes, & le milieu de l'équerre de ces cazernes, seront de cuivre jaune, de quatre pieds & demi de hauteur, non compris le globe qui en fera la base; on les executera suivant le dessein, & conformement au modele en carton, qui en a été dressé, bien soudées, & en outre

outre cloüées de clous auffi de cuivre, rivés de distance à autre , pour ensuite être dorées, & posées dans une éguille de fer qui les traversera d'un bout à l'autre, sans blesser le métal, compassant sa grosseur au vuide du collet de ces Fleurs de lys, dont le pied sera cloüé sur le bois du comble, & recouvert par le plomb des enfâtemens.

X V I.

CONDITIONS GENERALES.

Les Entrepreneurs se conformeront aux termes du present Devis, & ne pourront commencer aucun travail de quelque nature qu'il puisse être, qu'auparavant il n'ait été tracé, aligné, & ordonné par M. le Comte de Vauban, Directeur des Fortifications de cette Province, ou en son absence par l'Ingenieur en chef de la Place; & au cas qu'il se trouve pendant le cours & après l'achevement du travail quelques mal-façons de leur part, ils seront tenus de le refaire à leurs frais, sans pouvoir prétendre d'être dedommagez: tous lesquels ouvrages ne leur seront comptez qu'une fois seulement, & payés au prix de l'adjudication qui en aura été faite chaque année.

Les Entrepreneurs se fourniront sans exception de tous les matériaux, outils, échaffauts, ceintres des voûtes, & autres choses nécessaires pour l'entier & parfaite execution de leur entreprise, employant le nombre d'hommes suffisant, & qui leur sera ordonné pour diligenter le travail, afin qu'il soit fait en bonne saison; & au cas de retardement, il en sera mis à leurs frais, autant qu'il sera jugé nécessaire: suivront en tout les ordres qu'ils recevront, & les desseins qui leur seront donnez, n'employant que des matériaux conditionnez comme il est dit, qui seront sujets à verification & reception, rejettant tous ceux qui ne se trouveront pas des qualités & dimensions requises au present Devis, & ne pourront prétendre leur entier & parfait payement qu'après l'achevement & reception d'iceux, qu'ils garantiront pendant un an, à compter du jour qu'ils auront été reçus, & pour sureté de l'execution d'iceux & des deniers du Roy, qu'ils recevront à compte à fur & à mesure que le travail avancera; ils donneront bonne & suffisante caution.

S'il survient quelque ouvrage extraordinaire & imprévu pendant le cours de l'année; les Entrepreneurs seront obligez de le faire par continuation du prix de chaque nature dont ils seront

Livre VI.

I

con-

convenus; & si reciproquement on trouvoit à propos de changer, retrancher, ou differer à une autre année quelqu'un de ceux qui sont ordonnez, les Entrepreneurs ne pourront en prétendre aucun dédommagement.

Ils feront transporter toutes les décombres provenantes des constructions ou démolitions de leur ouvrages, aux lieux qui leur seront indiqués; & si quelqu'un manque d'avoir achevé son entreprise par negligence, à la fin du mois de Septembre prochain, il sera condamné à une amende proportionnée au travail dont il aura été chargé.

Bien entendu qu'encore que le present Devis comprenne ce qui doit entrer dans la construction totale de ces Cazernes, il ne pourra cependant servir à cette fin, que pour la consommation des fonds qui seront ordonnez chaque année.

Chaque Entrepreneur sera tenu au dédommagement des propriétaires sur les heritages desquels il prendra ou voiturera les matériaux de gré à gré, ou suivant l'estimation qui en sera faite par deux Experts nommez de part & d'autre; & si il arrive quelques difficultez entre les Entrepreneurs, ou entr'eux & leurs cautions, comptes & décomptes, qui ayent rapport directement ou indirectement à l'exécution de leurs ouvrages, & que tout ne soit pas assez clairement expliqué par le present Devis, ils se conformeront sans appel à ce qui sera réglé par le Directeur des Fortifications, ou en son absence par l'Ingenieur en chef; & ils ne pourront, sans leur consentement, rendre leurs ouvrages par sous-entreprises, ni s'affocier.

Fait à Betbune, le vingt-deux Mars mil sept cent vingt-deux,

D'ARTEZAY, Ingenieur en Chef.

Quand on fera des Devis, il est à propos de lier les Entrepreneurs, autant qu'il est possible, ainsi qu'on vient de le voir dans les conditions précédentes, afin de prévenir toutes les contestations, & les relâchemens auxquels la plupart son assez sujets.

Voici un Devis qui pourra servir de Formulaire pour les Magazins à Poudre; il vient de M. de Muz, Directeur des Fortifications, qui a bien voulu prendre la peine de le composer exprès pour me faire plaisir.

DEVIS

DEVIS POUR LA CONSTRUCTION D'UN Magazin à Poudre, très-solide, de dix toises de longueur sur quatre de large.

PREMIÈREMENT.

PLacer autant que faire se pourra le Magazin dans un lieu le plus sec, le plus à couvert, & le moins exposé au front des attaques, non plus que ses portes & fenêtres au vent d'Oüest.

I I.

Après que l'Ingenieur en Chef aura distribué le Plan, Profil, & le Devis aux Entrepreneurs, & tracé tout l'interieur des murs, on marquera la largeur de la fouille des terres pour la fondation jusques au bon, vif, & solide fond, que nous supposons ici de six pieds de profondeur seulement, & plus ou moins bas s'il en est necessaire; sur la largeur de huit pieds dans le fond pour les longs côtez, bien mis de niveau, & les terres coupées à plomb, & étreffonnées pour qu'il ne s'y fasse point d'éboulement.

I I I.

Ensuite on posera de gros moilons ou libages, avec de bons lits, & joints à sec; & on maçonnera au dessus avec pareille matiere en bon mortier, jusques à deux pieds trois pouces de hauteur, bien arasée de pied en pied; après quoi on posera au dessus une chaîne de deux assises de briques, traversant toute la largeur du mur, dont la seconde sera en boutisse par les deux extrémités, & sur laquelle on fera retraite de trois pouces de part & d'autre: on recommencera à élever encore deux pieds trois pouces en moilon, faisant parement bien dressé & à plomb tant sur le devant que sur le derriere, en sorte que l'achevement de toute la hauteur desdits six pieds, ainsi que de toutes les fondations, soit qu'elles aient plus ou moins de profondeur, soient terminées par cinq assises de briques, dont la dernière sera aussi en boutisse, pour avoir neuf pouces de retraite sur le devant, trois sur le derriere, & réduire les murs des longs côtez à sept pieds d'épaisseur.

I 2

IV. On

I V.

On fondera aussi en même tems, & aussi bas, les piliers buttans, & les murs de face sous les deux pignons, en y observant toutes les bonnes façons, liaisons, & simetries que ci-devant ; le tout posé en bon mortier ordinaire, composé d'un tiers de bonne chaux éteinte toute vive, & deux tiers du meilleur sable bien battu, démêlé & corroyé, en sorte qu'il ne fasse plus qu'un même corps, & mis en œuvre seulement vingt-quatre heures après, & le rabottant & corroyant tout de nouveau, sans y mettre de l'eau que la première fois.

V.

Ledits piliers buttans auront chacun quatre pieds six pouces de large, sur six pieds six pouces de queue en fondation, réduit ensuite à cinq pieds six pouces, & quatre pieds au noeud de leurs paremens, pour avoir deux retraites de trois pouces chacune.

V I.

Les fondations des deux pignons auront chacune cinq pieds de large, & le mur réduit à quatre pieds, à cause des retraites du devant & du derriere ; le tout construit en même temps pour faire meilleure liaison.

V I I.

Si le fond du terrain se trouvoit tendre, foible, ou douteux, après l'avoir sondé avec la sonde à tarriere, on le fortifiera par une grille de charpente de bois de chêne, composée de longrines & racinaux de dix pouces quarrés assemblée par entailles à queue d'aronde aux extremités par le devant & le derriere, & tenues en raison avec de bonnes chevilles de fer ébarbellées, enfoncées à tête perduë, après quoi les arafer de moilon ou libage, comme il est dit ci-devant.

V I I I.

Que s'il y avoit plus de précaution à prendre, il faudroit couvrir toute la superficie de ladite grille par un plancher de mardriers de bois de chêne de six pouces d'épaisseur, sur huit, dix, & douze de largeur, bien joints l'un contre l'autre, les laissant déborder de deux ou trois pouces sur le devant & le derriere de la fon-

fondation , avec une espece de mentonnet , ou bien un hurtoir pour contenir le premier moilon ou libage posé à sec, & l'empêcher de glisser au vuide lorsqu'il seroit chargé.

I X.

Piloter même au dessous de la grille, s'il en étoit necessaire, pour plus de solidité & de sureté, & cela fait selon l'usage du pilotage dont nous ne faisons point le détail.

X.

Toutes ces fondations mises à leur hauteur, on fera courir le niveau tout au tour, après quoi on établira les murs au-dessus, selon les largeurs ci-devant spécifiées, donnant un peu de fruit au parement extérieur, c'est-à-dire, deux ou trois lignes par pied, & le parement intérieur bien monté à plomb; ensuite on posera d'abord cinq assises de pierres dures, non gelées, ou de graissérie, en tous les paremens extérieurs, dont les carreaux auront dix à douze pouces de face, sur neuf à dix de queue à joints quarrés & d'équerre; & de trois en trois carreaux on placera une boutisse à tête quarrée, sur dix-huit à vingt pouces de queue; le tout bien essemillé & équarri; observant que lesdites boutisses ne doivent pas être mises l'une sur l'autre dans les assises au dessus, mais en quinconche ou en échiquier, avec des coins à tous les angles, & aux pieds droits des portes & fenêtres; le tout en bon mortier de ciment, composé d'un tiers de bonne chaux vive, & de deux tiers de poudre de vieux tuilots, bien pulvérisé & passé au tamis, battu, demêlé, & corroyé, en sorte qu'ils ne fassent plus qu'un même corps, fait de quinze jours avant que de le mettre en œuvre, pendant lequel tems on le rebattra de nouveau à plusieurs reprises avec la batte de fer, dans un petit bassin ou auget d'un pied quarré fait exprès, avec des planches par les côtes, & un gros madrier dans le fond, & toujours sans y mettre de l'eau que la première fois.

X I.

Et comme la plupart des pierres, & sur-tout celles de graissérie, sont fort susceptibles d'impression de la gelée, à cause de la nature de leurs pores; il faut que le derrière desdites cinq assises,

I 3

soit

soit rencontré & maçonné au moins avec deux briques en boutisses, posées en mortier ordinaire.

X I I.

Tous les paremens interieurs desdits murs seront de bonnes briques bien cuites & bien moulées, faits par plombées de cinq assises, faisant ensemble un pied de hauteur, y compris le mortier, dont la première aura trois briques & demie, la seconde trois briques, la troisième deux briques & demi, la quatrième deux briques, & la cinquième une & demie, afin d'observer une bonne liaison, & l'intervalle entre lesdites briques, & celles qui ont garni le derrière de la graisserie seront maçonnées en mortier, posées à la main, pressées du talon du marteau, en bon moilon ordinaire, en sorte qu'il souffle de toutes parts, & arasé à chaque pied de hauteur.

X I I I.

Au dessus des cinq assises de graisserie, on fera parement de briques par plombées, comme ci-devant, & l'entre-deux maçonné en moilon, observant que le dehors & le dedans montent également, & en même tems avec des coins de grès retournés en liaison à tous les angles posés en mortier de ciment.

X I V.

Les longs côtez seront élevez de même jusqu'à cinq ou six pieds plus ou moins, selon le besoin, après quoi ils seront terminez par cinq assises de briques, traversant d'un parement à l'autre pour recevoir la naissance de la voûte, dont la dernière assise sera posée par précaution en douille & coupe de vouffoir, selon le ceintre de la voûte, pour éviter le défaut des cales ou gros mortier que les Maçons mettent mal à propos sous la première brique qu'ils posent, pour racheter la retombée du ceintre; le tout à petits joints, & à petits lits, sans faire de trop gros mortier.

X V.

La voûte sera faite en plein ceintre, comme la plus solide, de trois pieds & demi d'épaisseur au moins, toute de bonnes briques choisies, bien cuites & bien moulées, frottées & dressées à la main

la main l'une contre l'autre, posées à petits joints en bon mortier, sans grumeaux, ni grains de sable, tres-bien & également ceintrées dans toute sa longueur & largeur; tous les matériaux choisis & bien appareillés, c'est-à-dire, des voussoirs pendans & clavaux conditionnés, & taillés exprès, si c'est de pierres.

Mais si c'est de briques, comme la meilleure matière à ce sujet, il faudra d'abord les bâtir par une brique d'épaisseur, bandée, & bien ficher des coins de bois sur la clef, & bien arrondir son extradados, pour recommencer une seconde voûte, répétées jusqu'à quatre fois l'une sur l'autre, faisant ensemble au moins trois pieds.

X V I.

On élèvera, en même tems les pieds droits, les piliers buttans, & les murs des pignons au dessus de la voûte, que l'on terminera en dos d'âne, ou cape de bâtardeau, avec des pentes de part & d'autre, dirigées comme celles des égouts d'un toit; le tout en brique sans moilonnage, à cause de la gelée. Sur la superficie des dites pentes, on fera une crémaillerie, dont les intervalles seront proportionnés selon la longueur de la tuile & son crochet, afin d'observer le pureau ordinaire, pour quel effet on préférera toujours la tuile au grand moule à celle du petit, l'une & l'autre posées en bon mortier ordinaire, & encore mieux en mortier de ciment, ou tout au moins moitié de l'un & de l'autre de ces derniers, bien mêlés ensemble, & la couverture faite en bonne saison.

X V I I.

Si on ne veut pas mettre en usage lesdites crémaillères, on encastrera à sec dans la maçonnerie les pannes sablières ou ventrières, & les chevrons de bois de chêne, espacez de quatre à la latte, que l'on laissera déborder de toute l'épaisseur de ladite latte, pour recevoir le crochet de la tuile, & posée en mortier comme ci-devant.

X V I I I.

Et si on vouloit couvrir d'ardoise, au lieu de lattes volisses, on mettra de bons feuillets de chêne bien sec, cloués avec deux clous à chaque chevron, avec des contre-lattes de sciage, sur lesquelles on posera l'ardoise attachée au moins avec trois clous chacune, observant toujours le pureau ordinaire; & en ces deux derniers

cas,

cas, il faudra absolument mettre un entablement de pierres de taille, ou de briques de cant, avec une platte-forme de charpente au-dessus, pour recevoir & retenir les pas des chevrons, au bas desquels on pourra mettre des coyaux; mais cela est bien sujet au feu, & empêche de voir les endroits par où les eaux de pluyes peuvent tomber sur la maçonnerie, & la dégrader; & quant aux couvertures de dales de pierre, non seulement elles chargent trop, mais elles sont encore sujettes à s'éclater, & fendre par les neiges & les grandes gelées, & les mortiers s'affament, & c'est toujours à recommencer à les reparer.

X I X.

Les bayes des deux portes des pignons auront chacune quatre pieds de large, sur sept & demi de hauteur, voutées en plein cintre, leurs pieds droits garnis de pierres de taille, avec deux battées; les deux fenêtres au dessus auront chacune trois pieds de large, sur cinq de hauteur, avec double battée, & voutées en ceintre surbaissé.

X X.

Les doubles fermetures des bayes desdites portes seront faites à deux vantaux avec des planches de bon bois de chêne bien sec, de deux pouces d'épaisseur, bien jointes à feuillures l'une contre l'autre, garnies par leurs derrières de bonnes barres de pareil bois, & bien cloüées avec des clous picarts, rivés par le dedans: les volets des fenêtres seront simples, mais avec des bois & planches des mêmes qualités, & les unes & les autres recouvertes avec des lames de tôle de Hollande, cloüées sur les planches, & rivés aussi par le derrière, garnis de leurs gonds, pentures, pivots, ou pioches, avec des crapaudines sellées en plomb dans des dez de grés; de bonnes ferrures à bossés à doubles tours, toutes différentes, avec de bons & forts verrouils.

X X I.

La voûte bien achevée & couverte, on la laissera ceintrée pendant cinq ou six mois, pour donner le tems au mortier de se consolider & faire corps avec les briques; après quoi on la déceintrera tout doucement par travée, & non tout à la fois; on la reparera en tous les lits & les joints avec bon mortier blanc & reciré; on déblayera les bois & les décombres, faisant place nette.

X X I I.

X X I I.

Ensuite on mettra tout le solle ou aire du Magasin bien dressé; battu, & de niveau un pied plus haut que le rez-de-chaussée, sur lequel on posera des poutrelles de huit pouces quarrés, soit en longrines, ou en traversines, de deux pieds de milieu en milieu, en sorte qu'il ne reste plus que seize pouces d'intervalle entr'elles, dont la hauteur sera arrasée avec des escarbilles, ou mâche-fer provenant des forges des ferruriers ou marêchaux; & après les avoir bien arrangés & battus pour remplir tous les vuides, on remettra du charbon de bois jusqu'à fleur du dessus desdites poutrelles, sur lesquelles on posera le plancher de madriers au moins de deux pouces d'épaisseur bien chevillés, & proprement joints ensemble, ainsi que les chantiers pour ranger les barriques, & le tout de bon bois de chêne bien sec, sans aubier, ni gersures, lequel plancher sera tenu un pied plus haut que le rez-de-chaussée, par lequel on montera par deux marches de six pouces chacune, faisant les seuils des deux portes avec battée par le bas, pour qu'on n'y puisse pas introduire du feu.

X X I I I.

Paver sur six pieds de large tout autour dudit Magasin avec des carreaux de grès de sept à huit pouces quarrés à leur face, sur huit à dix de queue, posés sur un couchis ou forme de sable de huit à neuf pouces de hauteur, bien battus au refus de la demoiselle, & mis en pente de six pouces depuis le parement des gros murs allant vers le petit mur d'enceinte, qui doit être un pied & demi ou deux pieds plus bas avec de petites ouvertures ou tuyaux de deux ou trois pouces, pour servir d'écoulement aux eaux qui tomberont des égouts des toits, pour éviter les humidités; & si ledit pavé étoit posé en bon mortier de ciment, il seroit encore meilleur.

X X I V.

Ledit petit mur d'enceinte, ou d'enveloppe, sera fondé solidement avec deux retraites de trois pouces de part & d'autre, & réduit ensuite à un pied & demi d'épaisseur sur dix à douze pieds de hauteur plus ou moins selon la situation du Magasin, fait en mêmes matériaux que ci-devant.

Toute la maçonnerie qui composera ce Magasin, y compris la voûte & les angles de pierres de taille, sera payée à la toise cube, sans y comprendre aucun vuide.

 Livre VI.

K

La

La maçonnerie du petit mur d'enceinte sera payée à la toise quarrée d'un pied & demi d'épaisseur réduite.

Les terres à la toise cube, déblai & remblai compris.

Les bois de charpente payés au cent de solives mises en œuvre.

Les portes à la piece.

Les fenêtres à la piece.

Les gros fers au cent de livres pesant, poids de marc.

Les ferrures avec leurs clefs & verrouils à la piece, mises en place.

La tole au cent de livres pesant poids de marc, la pose & clous compris.

Le pavé de grès à la toise quarrée selon la construction. Au surplus, on mettra à l'ordinaire toutes les conditions auxquelles on voudra obliger les Entrepreneurs, ainsi que de fournir bonne & suffisante caution, tant pour la sûreté des deniers du Roy qui leur seront délivrés, que pour la garantie de leurs ouvrages un an & jour après leur reception.

Comme il n'y a point de maçonnerie nouvellement faite, qui ne tace, ou ne fasse quelque affaiblissement, plus ou moins, selon la bonne ou mauvaise qualité des matériaux, j'estime que pour plus de solidité en la construction d'un Magazin à poudre, d'où peut dépendre la conservation ou la perte d'une Place, qu'il ne faudroit rien faire avec précipitation, & qu'après que la fondation seroit mise à hauteur de la retraite, la couvrir de gros fumier & de terre au dessus mise en dos d'âne, pour l'écoulement des neiges & eaux des pluyes; afin de laisser reposer, assaïsser, & consolider les mortiers pendant six mois, & au printems ensuite la découvrir par un beau tems, la bien balayer, repasser le niveau par tout; & par après avoir rétabli ce qui pourroit y avoir de dégradé, elever les murs au dessus jusqu'à la naissance de la voûte, en les arrasant toujours à même hauteur, après quoi les couvrir & laisser reposer comme ci-devant; l'année ensuite faire la voûte avec toutes ses appartenances, la couvrir de tuile ou d'ardoise, & ne la déceintrer que six mois après, & toujours par petites travées pour ne lui pas causer de grands ébranlemens, ainsi que cela est arrivé à quelques endroits que la bienséance ne permet pas de citer; faire ensuite son plancher avec les chantiers & son mur d'enceinte ou d'enveloppe.

Fait à Saint Quentin, le 22. Janvier 1729. DE MUZ.

Voici le Devis de la Citerne de Calais que j'ai promis dans le quatrième Livre; il ne contient rien de particulier dont je n'aye fait mention en parlant de la Citerne de Charlemont, mais il servira d'exemple, & pourra avoir son utilité.

DEVIS

DEVIS DE CE QUI EST A FAIRE ET A OBSERVER pour la Construction d'une Citerne qui recevra les Eaux de Pluie qui tombent sur l'Eglise Paroissiale de Calais.

PREMIEREMENT.

REMUEMENT DES TERRES.

A Près que les alignemens auront été tracés à l'Entrepreneur, PLANCH. 34.
pour faire l'excavation & la fouille des terres qu'il faudra ôter, il les enlèvera jusqu'à la profondeur du dessus des eaux des puits circonvoisins, les transportera & les applanira le plus uniment que faire se pourra, sur la partie du cimetière du côté du midi, suivant toute sa longueur & sa largeur, & singulièrement dans les endroits les plus bas.

Les vieux matériaux provenans de la démolition du petit mur du parvis, les pavés, les arbres, & tous autres appartiendront à la Fabrique de ladite Eglise, qui s'en fera à mesure de la démolition d'iceux, laquelle sera faite par l'Entrepreneur, & les transportera où bon lui semblera, afin que ledit Entrepreneur n'en reçoive point d'embarras après la Construction de ladite Citerne; il remblaira derrière la maçonnerie par dehors, & à ses dépens, les trous qu'il conviendra; lesquelles terres il battra avec une batte du poids de trente livres, & les mettra en état de recevoir le pavé qui sera fait au tour.

CHARPENTE.

Il mettra des madriers ou bordages de bois de chêne de quatre pouces d'épaisseur sur toute la largeur de la maçonnerie des murs de fondation, lesquels seront bien équarris & à vive arête.

MAÇONNERIE.

QUALITE'S DE LA CHAUX.

Elle sera faite avec pierres de la côte de Boulogne du blanc bleu, cuites à propos par gens à ce entendus, & éteintes de même; laquelle sera bien remuée, brouillée, & coulée en bassin pour être mieux détrempée & purgée soigneusement de toutes les pierres qui

76 LA SCIENCE DES INGENIEURS,

n'auront point été éteintes, ni pénétrées par la violence du feu, & par conséquent mal cuites.

QUALITE'S DU SABLE.

Il sera du plus pur qui se trouvera dans le pays, sans mélange, & passé à la claye, laquelle sera fort fine, afin qu'il ne s'y trouve point de galets.

COMPOSITION DU MORTIER.

La chaux & le sable étant préparés, & de la qualité ci-dessus spécifiée, le mortier de toute la maçonnerie de brique en sera composé, savoir avec deux cinquièmes de chaux & trois cinquièmes de sable, bien broûillés, & battus à quatre reprises en quatre jours differens avant la mise en œuvre.

QUALITE'S DE LA BRIQUE.

Elle sera toute de même échantillon, la mieux cuite que faire se pourra, & faite avec bonne terre bien maniée & bien corroyée, & la plus entière, en sorte que les morceaux n'aient pas moins que demie brique de long, faite de quoi ils seront rebutés sans être mis en œuvre : l'Entrepreneur fera charger & décharger à la main ladite brique dessus les tombereaux & bâteaux, qui la voitureront, afin qu'il y en ait moins de cassées.

QUALITE'S DU MORTIER DE CIMENT.

Celui qui sera employé aux renduits & citerneaux, tant du dedans que du dessus, sera fait avec tuileaux de vieilles tuiles bien cuites, sans qu'il y soit employé aucune brique ; il sera bien battu, pulvérisé, & passé au tamis du Boulanger, & le mortier fait avec deux cinquièmes de chaux vive de Boulogne, & trois cinquièmes dudit ciment, le tout bien battu, & dé mêlé tous les jours consecutive-ment jusqu'à ce qu'il soit employé.

Après que les matériaux ci-dessus mentionnés auront été préparés sur les lieux, tels, & de la qualité qu'ils sont spécifiés par les articles précédens de ce Devis, & que l'Entrepreneur aura préparé en dernier lieu l'endroit où sera établi la fondation de ladite Citerne, suivant les alignemens qui lui auront été marqués, & qu'il aura creusé la fondation aussi bas qu'il se pourra, après l'avoir bien égallée,

lissée, & mise de niveau, il posera à l'endroit des murs des madriers ou bordages de bois de chêne à vive arête de quatre pouces d'épaisseur, sur lesquels la maçonnerie desdits murs sera établie, & en même tems celle du fond de la Citerne suivant les longueurs, hauteurs, & épaisseurs marquées au plan & profil qui seront joints au Devis; toute la maçonnerie du fond de la Citerne, des côtés, & du mur du milieu, sera faite avec bonne brique & chaux de Boulogne, ainsi qu'il est ci-dessus spécifié, à la réserve du citernage marqué au milieu des murs, qui sera fait avec quatre assises de briques posées de plat & à bain de ciment dans toute l'étendue du fond, observant de recouvrir chaque lit de ciment bien & proprement étendu & repassé à la truelle, en sorte qu'il ne reste pas la moindre apparence de joints, ce qui sera repeté autant de fois qu'il y aura de lits de briques; le citernage des côtés sera aussi de briques, mais posées de cant & en liaison l'une après l'autre, & chaque lit recouvert & rendu de ciment foïetté, lissé, & repassé à la truelle autant de fois aussi qu'il y aura d'assises de briques. Comme ce citernage est très important, l'Entrepreneur aura un soin très particulier qu'il soit bien fait, & y veillera sans cesse.

RENDUITS AUTOUR DU DEHORS DE LA CITERNE.

En élevant la maçonnerie des pieds droits & des pignons, il sera fait un rendu par le dehors d'icelle, depuis le bord de la fondation jusqu'à la hauteur des plus hautes eaux de la mer, lorsqu'elle sera mise dans le canal qui passe au travers de la Ville en cas de besoin.

Le rendu sera fait avec chaux de Boulogne & sable conditionné comme celui de la maçonnerie, il aura un pouce d'épaisseur, & sera passé à la truelle, lissé & relissé pour fermer les gersures, avec un lissoir de bois ou d'acier bien poli, & en ce faisant il sera employé un lit de chaux, après quoi les terres seront mises derriere la maçonnerie pour ne pas laisser le tems au soleil d'y causer de nouvelles gersures.

Après la construction de la Citerne, & que les voûtes auront été déceintrées, les joints du dedans seront creusés & approfondis de quatre lignes avec un petit fer recourbé, & les briques du parement piquées à la pointe du marteau pour donner plus de tenuë au ciment, ensuite de quoi on commencera par en foïetter les joints, & après les avoir remplis, il sera fait un enduit par dessus de l'épaisseur de dix à douze lignes, lequel sera battu contre le mur avec des lissoirs de bui, ou de fer bien poli; après quoi on le repassera tous

les jours une fois pendant douze ou quinze jours, jusqu'à ce qu'il soit parfaitement sec, l'arrosant à chaque fois de lait de ciment avec un bouchon; le mur du milieu sera rendu de même que ceux des côtés, & avant le fond de la Citerne qui ne sera mis que le dernier en état.

Les puits des pompes & les citerneaux seront rendus avec la même précaution que la susdite Citerne.

Le rendu & le citernement de la clôture sera fait avec les mêmes soins, & avec le même mortier que celui du dedans de la Citerne, en le relevant de quinze pouces le long des côtés, & dirigeant les ruisseaux avec pente à une gargoïlle qui versera dans un petit citerneau fait exprès.

Après que ce citerneau aura été fait dans les heures du jour que l'ardeur du soleil dominera le moins, & qu'il fera sombre, il sera recouvert avec des paillassons de roseaux, qui seront levés toutes les fois qu'on le relissera, & aussi-tôt remis pour éviter que la grande précipitation du desséchement n'y fasse de gercure, s'il se faisoit en plein soleil.

On le couvrira ensuite par un lit de gros sable tout de long, spécialement dans le ruisseau où il faudra le doubler, après quoi le surplus sera rempli de terres qui seront battues par lits afin de les affermir, & recouvertes avec gazon plat.

Après que la maçonnerie sera élevée au niveau du rez-de-chauffée, le pourtour extérieur d'icelle sera bordé de deux assises de pierre de taille de douze pouces de hauteur au moins, laquelle sera de la carrière de Landretun, ou de la côte de Boulogne, au choix de l'Entrepreneur, dont les pierres seront bien dégauchies & proprement taillées au ciseau & au poinçon, de huit pouces sur le plat & six sur les joints montans, posées en liaison de six pouces au moins à côté de chaque, & avec boutisses de vingt à vingt-deux pouces au moins de queue & panneresses de quatorze à seize pouces; le surplus du parement extérieur de ladite maçonnerie sera bordé du haut en bas & tout au tour de ladite Citerne avec autant d'assises que besoin sera, de doubles carreaux de Boulogne bien épincés, & proprement mis en œuvre avec les plus petits joints qu'il sera possible, lesquelles assises seront posées de niveau & en bain de mortier de la même qualité que celui de la pierre de taille; le même Entrepreneur fera aussi les auges, puits, marfelles, & citerneaux avec des entrées dans la Citerne, & petites guerites servant de couvertures & de fenêtres audit puits, à quoi il sera employé la pierre de taille nécessaire, & le tout toisé à la toise cube, de même que la maçonnerie de brique.

Les

Les citerneaux auront trois pieds de diamettre dans œuvre, & les auges seront traversés de barreaux de fer pour poser les seaux dessus, quand on voudra les remplir d'eau ; il sera fait un petit cordon de pierre de taille au tour de ladite Citerne à quatre pieds au dessous du couronnement du parapet, dont le parement sera fait avec doubles carreaux de Boulogne, & recouvert par dessus avec une tablette de six pouces d'épaisseur, de douze à quinze pouces de queue pour les panneresses, & de dix-huit à vingt pour les boutisses, laquelle sera de pierres de taille de la carrière de Landretun, ou de la côte d'Embleteuze, au choix de l'Entrepreneur, proprement taillées au ciseau & au poinçon, & posées en bain de mortier de ciment conditionné comme ci-dessus, ayant deux pouces de saillie, & un pouce de pente sur pied par le dessus.

Le dessus du parapet sera fait avec bonnes briques posées en liaison & en bain de mortier de Boulogne, & le couronnement d'icelui, sauf la tablette, fait avec briques posées de bout & de cant avec pareille pente que celle de ladite tablette, & assises en bain de mortier & de ciment.

Le gravier qui sera mis sur la teiture ainsi qu'il a été dit dans les citerneaux, sera du galet du plus fin & du plus délié, de celui du ban de pierretes hors de la basse Ville, après avoir été passé à la claye fort fine & fort déliée, & ensuite lavé & relavé avec de l'eau douce, jusqu'à ce qu'il la rende aussi claire qu'il l'aura reçue, après quoi il sera apporté dans des tonneaux recouverts pour empêcher qu'il ne s'y communique aucune saleté, avant que d'être mis sur ladite teiture & dans lesdits citerneaux.

P A V É.

Ledit Entrepreneur fera le pavé nécessaire au dehors de ladite Citerne, lequel sera de la côte de Boulogne, bien épincé, de six à huit pouces de queue, posé par routes sur douze à quinze pouces d'épaisseur de sable avec les pentes nécessaires ; observant de le battre avec la demoiselle par deux reprises.

Il livrera & mettra en place les tuyaux de plomb, chaîneaux, & cuvettes nécessaires pour la conduite des eaux dans ladite Citerne.

Il fournira aussi la soudure nécessaire pour souder lesdits tuyaux, il livrera & mettra en œuvre tout le fer blanc nécessaire aux tuyaux, chaîneaux, & autres endroits, au cas qu'il soit trouvé à propos d'y en employer ; il livrera pareillement les ferrures des pompes, gonds, & autres choses nécessaires à les mettre en place. S'il est jugé à propos

80 LA SCIENCE DES INGENIEURS.

pos par l'Ingenieur en chef d'augmenter ou diminuer les épaisseurs de la maçonnerie, l'Entrepreneur ne pourra pas prétendre qu'il soit rien changé aux dimensions de la toise cube d'icelle, ni qu'il lui soit rien payé de surplus, au cas qu'il y eût donné de plus grandes épaisseurs que celles portées par le plan & profil ci-joint; & au cas qu'il les eût diminuées, cette diminution lui sera déduite sur le toisé. Tous les susdits ouvrages seront rendus faits & parfaits dans le quinziesme d'Août prochain, sujets à visites, reception, & toisé. Sçavoir,

Les terres à la toise cube une fois en déblai seulement.

La charpente du bois de chêne mise en œuvre au cent de solives.

La maçonnerie à la toise cube y compris les renduits interieurs & exterieurs.

Toute la pierre de taille, & la graisserie de doubles carreaux, sans que l'Entrepreneur puisse rien prétendre pour le vuide des voûtes, ni pour les frais de la charpente des ceintres qu'il fera à ses dépens.

Le galet mis sur la teiture & dans les citerneaux conditionnés, comme il est dit au Devis ci-dessus, aussi à la toise cube.

Le pavé de graisserie au tour de ladite Citerne, à la toise quarrée.

Le plomb mis en œuvre au cent pesant poids de Paris.

La soudure aussi à la livre & au même poids.

Le fer blanc au pied quarré mis en œuvre.

La ferrure des pompes, gonds, & autres ouvrages, au cent de livres pesant, & au même poids; & seront payés,

	Liv.	sols.
Les terres, à	3.	10.
Le cent de solives de bois de chêne,	305.	
La toise cube de maçonnerie,	61.	
La toise cubé de galets;	18.	
La toise quarrée de pavé,	7.	
Le cent de plomb,	20.	
La livre de soudure,		12.
Le pied quarré de fer blanc,		14.
Le cent de gros fer,	18.	

Je crois qu'en voilà assez sur les Devis: ce seroit vouloir grossir ce Livre mal-à-propos, que d'en rapporter un plus grand nombre; on trouvera à la fin du second Volume tous ceux qui peuvent appartenir à l'Architecture Hydraulique.

Fin du sixième & dernier Livre du premier Volume.



T A B L E

D E S C H A P I T R E S

ET DES PRINCIPAUX SUJETS

C O N T E N U S

DANS CE PREMIER VOLUME.

L I V R E P R E M I E R.

Où l'on enseigne la maniere de se servir des principes de la mécanique pour donner les dimensions qui conviennent aux revêtemens des ouvrages de Fortification, pour être en équilibre avec la poussée des terres qu'ils ont à soutenir.

C HAPITRE Premier. Où l'on donne la maniere de trouver les centres de gravité de plusieurs Figures, page.	5
C HAP. II. Où l'on enseigne comme on trouve l'épaisseur des murs que l'on veut mettre en équilibre par leur résistance avec les puissances qui agissent pour les renverser lorsque ces murs sont élevés à plomb des deux côtés.	11
C HAP. III. Où l'on détermine quelle épaisseur il faut donner au sommet des murs qui sont élevés à plomb d'un côté & en talud de l'autre, pour que ces murs puissent estre en équilibre par leur résistance avec la poussée qu'ils ont à soutenir.	16
C HAP. IV. De la maniere de calculer la poussée des terres Livre VI. L	que

T A B L E

<i>que soutiennent les revêtemens de Terrasses & de Remparts, afin de savoir l'épaisseur qu'il faut leur donner.</i>	29
<i>Usage d'une Table pour trouver l'épaisseur qu'il faut donner aux revêtemens de Terrasses & à ceux des Remparts de Fortification.</i>	43
CHAP. V. <i>De la consideration des murs qui ont des contre-forts.</i>	50
<i>Parallele du Profil general de Mr. de Vauban, avec les Regles des Chapitres précédens.</i>	67

L I V R E S E C O N D.

Qui traite de la mécanique des Voutes, pour montrer comme s'en fait la poussée & la maniere de déterminer l'épaisseur de leurs Pié-droits.

CHAPITRE I. <i>Où l'on enseigne comme se fait la poussée des Voutes, & où l'on raporte quelques principes tirés de la mécanique pour en faciliter l'intelligence.</i>	2
CHAP. II. <i>De la maniere de calculer l'épaisseur des Pié-droits des Voutes en plain ceintre pour estre en équilibre par leur résistance avec la poussée qu'ils ont à soutenir.</i>	10
CHAP. III. <i>De la maniere de trouver l'épaisseur des Pié-droits des Voutes surbaissées, en tiers-points, en platte-bande, & celle de culées des Ponts de maçonnerie.</i>	30
<i>Table pour connoître la portée des Vousssoirs, depuis leur intrados à leur extrados, pour toute sorte de grandeur d'Arche.</i>	52
CHAP. IV. <i>Qui comprend des Régles pour trouver l'épaisseur des Voutes de toute sorte d'espece par le seul calcul des nombres, pour l'intelligence de ceux qui ne savent pas l'Algebre.</i>	54

LIVRE

T A B L E.

L I V R E T R O I S I E' M E.

Qui comprend la connoissance des matériaux, leur propriété, leur détail, & la maniere de les mettre en œuvre.

C HAPITRE I. Où l'on fait voir les propriétés des différentes sortes de Pierres dont on se sert pour bâtir.	2
CHAP. II. Où l'on considère les qualités de la Brique & la maniere de la fabriquer.	5
CHAP. III. Où l'on fait voir les qualités de la Chaux & la maniere de l'éteindre.	7
CHAP. IV. Où l'on explique les qualités du Sable, de la Poffolanne, & du Plâtre.	9
CHAP. V. De la composition du Mortier.	14
CHAP. VI. Des détails qui ont rapport à la construction de la Maçonnerie.	22
<i>Table de la Pésanteur d'un pied cube de plusieurs Matieres.</i>	25
<i>Détail de la Chaux & du Sable.</i>	26
<i>Détail de la Brique.</i>	ibid.
<i>Détail du Moïlon.</i>	27
CHAP. VII. Qui comprend plusieurs Instructions sur l'établissement & la conduite des Travaux.	29
CHAP. VIII. Du transport & remuement des Terres.	35
CHAP. IX. De la maniere de faire les Fondemens des Edifices dans toute sorte d'endroits & principalement dans le mauvais terrain.	47
CHAP. X. Où l'on enseigne comme l'on doit employer les Matériaux qui composent la Maçonnerie.	67
<i>Explication de plusieurs Tables servant à déterminer les Dimensions de toute sorte de Revêtement de Maçonnerie.</i>	74
CHAP. XI. De la construction de Souterrains, & comme l'on	ap-

T A B L E.

<i>applique sur leur Voute les Chapes de Ciment.</i>	79
CHAP. XII. <i>De la maniere de construire les Ouvrages de Terrasses.</i>	84
<i>Reglement de Monsieur le Maréchal de Vauban, pour la Conduite des Travaux.</i>	90

L I V R E Q U A T R I E M E.

Qui traite de la Construction des Edifices Militaires & Civils.

C HAPITRE I. <i>Des qualités du Bois qui entre dans la Charpente.</i>	2
CHAP. II. <i>Où l'on fait voir la maniere de calculer ou d'estimer la force des principales Pièces de Charpente qui s'employent dans les Bâtimens.</i>	7
<i>Principes sur la Résistance du Bois en general.</i>	8
CHAP. III. <i>Où l'on raporte plusieurs Experiences faites sur la Force du Bois que l'on applique ensuite à l'usage qu'on en peut faire dans la construction des Edifices.</i>	15
CHAP. IV. <i>Des bonnes & mauvaises qualités du Fer.</i>	31
CHAP. V. <i>Des Portes que l'on fait aux Villes de Guerre.</i>	35
<i>Construction de la Sinusoïde.</i>	41
<i>Application de la Sinusoïde aux Ponts-Levis qui servent à fermer l'entrée des Villes.</i>	43
CHAP. VI. <i>Des Ponts dormans qui servent à faciliter l'entrée des Villes de Guerre.</i>	49
CHAP. VII. <i>Des Corps de Garde en general, des Guerites, & des Latrines.</i>	56
CHAP. VIII. <i>De la distribution des Ruës dans les Villes de Guerre.</i>	59
CHAP. IX. <i>Des Magasins à Poudre, & Arsenaux pour les Munitions de Guerre.</i>	62
CHAP. X. <i>Des Cazernes, de l'Hôpital, de la Prison, &</i>	des

T A B L E.

<i>des Maisons de Bourgeois.</i>	72
<i>Reglemens pour les Particuliers qui bâtissent dans une Place neuve.</i>	77
CHAP. XI. <i>De la Cantine, de la Glaciere, de la Boulangerie, & des Moulins à moudre le Bled.</i>	79
CHAP. XII. <i>De la Construction des Puits & Citernes.</i>	82
CHAP. XIII. <i>Où l'on donne les Règles generales que l'on doit observer dans la Construction des Bâtimens.</i>	88
CHAP. XIV. <i>Qui comprend plusieurs Détails necessaires à l'exécution des Bâtimens.</i>	97
<i>Détail de la Charpente, des Combles, des Planchers, de la Menuiserie des Portes & Fenêtres.</i>	ibid.
<i>Détail des Couvertures de Thuile & d'Ardoise.</i>	99
<i>Détail de la Vitrierie.</i>	102
<i>Détail du Pavé de Grais, de celui de Brique & de Carreaux.</i>	103

L I V R E C I N Q U I E M E.

*Où l'on enseigne tout ce qui peut appartenir à la Décora-
tion des Edifices.*

E XPLICATION des Termes propres aux Ordres d'Architecture.	6
CHAP. I. <i>Où l'on explique les propriétés des Moulures & de leurs Ornemens.</i>	9
CHAP. II. <i>De la connoissance des cinq Ordres en general.</i>	12
CHAP. III. <i>de l'Ordre Toscan.</i>	15
CHAP. IV. <i>De l'Ordre Dorique.</i>	18
CHAP. V. <i>De l'Ordre Ionique.</i>	22
<i>Maniere de tracer la Volute Ionique.</i>	27
CHAP. VI. <i>De l'Ordre Corinthien.</i>	29
CHAP. VII. <i>De l'Ordre Composite.</i>	33
<i>Remarques sur les cinq Ordres en general, suivies de l'Explication de quelques Fragmens des plus beaux Edifices antiques</i>	de

T A B L E.

<i>de Rome.</i>	37
CHAP. VIII. <i>Des Colonnes & de leurs Diminutions, des Persi-</i>	
<i>ques & des Cariatides.</i>	44
<i>Maniere de renfler les Colonnes.</i>	45
CHAP. IX. <i>De la Proportion des Pilastres & des Frontons.</i>	49
CHAP. X. <i>Des Peristiles ou Colonnates, des Arcades, & des</i>	
<i>Niches.</i>	55
CHAP. XI. <i>De l'Assemblage des Ordres, ou de plusieurs Ordres</i>	
<i>mis les uns sur les autres.</i>	60
CHAP. XII. <i>De la Distribution & de la Décoration des Edifices</i>	
<i>en general.</i>	68

L I V R E S I X I E' M E.

Qui comprend la Maniere de faire les Devis pour la Con-
struction des Fortifications, & celle des Bâtimens Civils.

M odele de Devis pour une Place neuve telle que le Neuf-	
<i>Brisack.</i>	5
<i>Dimensions des Parties principales de la Place.</i>	6
<i>Qualité & Façon des Materiaux qui seront employés ausdits</i>	
<i>Ouvrages.</i>	19
<i>Construction des Ouvrages de Fortification.</i>	23
<i>Conditions élémentaires du Devis d'un Bâtiment Civil.</i>	41
<i>De la Forme des Adjudications, des Formalités qu'on y observe,</i>	
<i>& du Stile dans lequel elles sont conçûes.</i>	46
<i>Devis & Conditions des Cazernes qui ont été construites à Bethu-</i>	
<i>ne en 1728.</i>	51
<i>Memoire pour servir à la Distribution des Bois employés aux</i>	
<i>Cazernes précédentes.</i>	56
<i>Devis pour la Construction d'un Magasin à Poudre très-solide ,</i>	
<i>de 10 toises de longueur sur 4 de largeur.</i>	67
<i>Devis de la grande Citerne de Calais.</i>	75

Fin de la Table.





